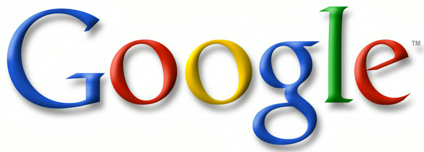
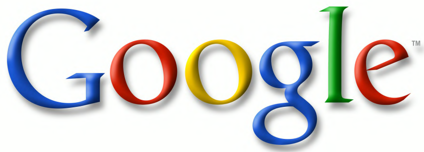


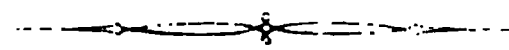






Himmel und Erde.

Illustrirte naturwissenschaftliche Monatsschrift.



Himmel und Erde.

Illustrirte
naturwissenschaftliche Monatsschrift.

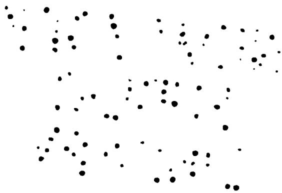
Herausgegeben
von der
GESELLSCHAFT URANIA ZU BERLIN.

Redacteur: Dr. M. Wilhelm Meyer.

IV. Jahrgang.



BERLIN.
Verlag von Hermann Paetel.
1892.



Druck von Wilhelm Gronau Berlin W.

Verzeichnifs der Mitarbeiter

am IV. Bande der illustrirten naturwissenschaftlichen Monatsschrift „Himmel und Erde".

Archenhold, F. S., in Berlin 135.

Bebber, Prof. Dr. van, Abtheilungsvorstand der Seewarte in Hamburg 50. 297.

Cranz, Dr. Carl, in Stuttgart 55.

Dewitz, Dr. J., in Berlin 97.

Fock, Dr. A., in Berlin 191. 308.

Foerster, Prof. Dr. W., Direktor der Kgl. Sternwarte in Berlin 537.

Ginzel(*), F. K., Astronom am Recheninstitut der Kgl. Sternwarte in Berlin 182. 188. 189. 329. 381. 419.

Hahn-Machenheimer, H., Oberlehrer in Berlin 438.

Körber (Kbr.), Dr. F., Astronom an der Urania in Berlin 49. 95. 102. 132. 133. 146. 183. 279. 291. 328. 429. 528. 536.

Krause, Dr. E., in Berlin (Carus Sterne) 196. 236.

Luzi, Dr. W., in Leipzig 245. 316. 361.

Maurer, Dr. J., in Zürich 197.

Meyer, Dr. M. W., Direktor der Urania in Berlin 181. 427. 486. 523. 580. 584.

Meyer, Dr. M. W. u. Dr. P. Schwahn in Berlin 404. 462. 507.

Penck, Prof. Dr. A., in Wien 1. 74. 112.

Pernter, Prof. J. M., in Innsbruck 32. 87. 119. 169.

Peters, Prof. Dr. C. F. W., Direktor der Sternwarte in Königsberg i. Pr. 345.

Plafsmann, J., Gymnasiallehrer in Warendorf 489. 569.

Preyer, Prof. Dr. W., in Berlin 244. 342. 392.

Preyer und Dr. G. Wendt in Berlin 15.

Ricco, Prof. A., Direktor des Observatoriums zu Catania 550.

Rottok (R.), Admiralitätsrath in Berlin 140.

Samter (Sm.), Dr. H., in Berlin 149. 194. 214. 235. 242. 256. 283. 291. 331. 334. 336. 375. 378. 416. 422. 433. 519. 530. 559.

Schmidt, Prof. Dr. M., Vorstand der Kgl. Technischen Hochschule in München 393. 471.

Schwahn (Schw.), Dr. P., Astronomischer Abtheilungsvorstand der Urania in Berlin 40. 54. 381. 385. 391.

Spies (Sp.), P., Physikalischer Abtheilungsvorstand der Urania in Berlin 46. 550.

Stapff, Dr. F. M., in Berlin 161. 224. 266.

Süring (Sg.), Dr., in Berlin 96. 142. 195. 390. 439. 440.

Volkmann, Prof. Dr. P., in Königsberg i. Pr. 441.

Witt, G., in Berlin 101. 372.

Zenker, Dr. W., in Berlin 103. 489.



Inhalt des vierten Bandes.

Essais.

Mittheilungen.

Bibliographisches.

Den mit einem * versehenen Artikeln sind erläuternde Abbildungen beigegeben.

Namen- und Sachregister

zum vierten Bande.



Beilage zu „Himmel und Erde" IV 1.



Nach einer Photographie von A. Noack in Genua.

Photogravure u. Druck H. Riffarth, Berlin.

Brandung bei Bordighera.

An unsere Leser!

Mit vieler Freude können wir beim Abschlufs des dritten Jahrganges unserer Zeitschrift auf die glückliche Entwickelung derselben zurückblicken. Unser vorgestecktes Ziel, in derselben ein internationales Organ namentlich für gröfsere überblickende Darstellungen neuerer Errungenschaften unseres Naturwissens zu schaffen, glauben wir, Dank der werthvollen Mitarbeiterschaft der hervorragendsten Männer auf den betreffenden Wissensgebieten, erreicht zu haben. Mit Stolz können wir Forscher wie Schiaparelli (Mailand), Palmieri (Vesuv-Observatorium), Holden (Lick-Sternwarte, Californien), Mohn (Christiania) und viele andere unsere Mitarbeiter nennen, welche uns gelegentlich mit den neuesten Ergebnissen ihrer eigenen hoch interessanten Forschungen in leicht fafslicher Form vertraut machten.

Entsprechend diesen internationalen Gesichtspunkten, welche der Redaktion bei der Leitung der Zeitschrift stets vorschwebten, hat sich auch der Leserkreis derselben gebildet, welcher sich mit merkwürdiger Gleichmäfsigkeit — das naturgemäfse Uebergewicht Deutschlands ausgenommen — über unseren ganzen Planeten immer weiter ausbreitet.

Angesichts dieser schönen Erfolge haben wir keinen Grund, das Programm unserer Thätigkeit für den beginnenden vierten Jahrgang irgendwie wesentlich zu verändern, es sei denn, dafs wir in der Folge noch mehr als es im letzten Jahrgange zu ermöglichen war, unser zu Anfang desselben gegebenes Versprechen verwirklichen werden, auch alle diejenigen Gebiete zu behandeln, welche unsere Urania kultivirt, namentlich, „soweit solche ein allgemeines, zur Entwickelung eines einheitlichen Weltbildes in Beziehung stehendes Interesse haben.“ Das vorliegende erste Heft legt von diesem Bestreben der Redaktion bereits Zeugnifs ab. Auch wird, vielfach geäufserten Wünschen gern folgend, der Herausgeber, welcher durch seine Berufspflichten als Direktor des jungen Urania-Unternehmens bisher allzu stark in Anspruch genommen war, sich bemühen, wieder häufiger eigene Beiträge für die Zeitschrift, wie dies in den ersten Jahrgängen geschah, zu liefern.

Im Geiste der meisten unserer Leser glaubten wir jedoch durch eine Auslassung zu handeln, welche man bereits im gegenwärtigen Hefte bemerken wird. Es sind die „Erscheinungen am Sternenhimmel.“ Wir liefsen uns zu dieser Abänderung durch folgende Gesichtspunkte leiten: Es ist kein Zweifel, dafs nur ein verhältnifsmäfsig sehr geringer Theil unserer Leser zu jenen delettirenden Astronomen gehört, welche solche Ephemeriden gerade in unserer Zeitschrift als Grundlage und Anleitung zu ihren Beobachtungen suchen. Für die grofse Zahl der übrigen Leser aber waren diese Tabellen ein völlig unnützer Ballast, der für sie besser durch allgemein interessante Mittheilungen ersetzt worden wäre. Wenn wir uns seinerzeit trotzdem entschlossen hatten, solche Ephemeriden zu geben, so war es, weil sich bei jener kleineren Zahl von Privat-Astronomen in der That ein dringendes Bedürfnifs dazu herausgestellt hatte, welches jedoch nunmehr durch die „Mittheilungen der Vereinigung der Freunde der Astronomie und kosmischen Physik“ in weit vollkommenerem Mafse befriedigt werden wird, als es auf dem unserer Zeitschrift dafür verfügbaren Raume jemals hätte geschehen können. Jene „Mittheilungen“ sind eben im eigentlichsten Sinne das berathende Organ des Privat-Astronomen und nur zu diesem Zwecke ins Leben gerufen.

Auf besondere Ereignisse, z. B. Finsternisse, Erscheinungen von Kometen, oder den Eintritt von Konstellationen, welche ein allgemeines Interesse in Anspruch nehmen, werden wir natürlich nach wie vor aufmerksam machen.

Es ist wohl selbstverständlich, dafs durch diese Fortlassung der Ephemeriden der Umfang unserer Zeitschrift nicht verringert werden wird, der nach wie vor mindestens drei Druckbogen oder 48 Seiten Text für jedes Heft mit gelegentlichen illustrativen Beilagen, denen wie bekannt, ganz besondere Sorgfalt gewidmet wird, umfafst.

So wünschen wir denn unserem Unternehmen ferneres erfreuliches Weitergedeihen und hoffen zuversichtlich, uns neben den alten Freunden viele neue zu erwerben.

Berlin, September 1891.

Die Redaktion.



Die grofse Eiszeit.

Von Prof. Dr. **Albrecht Penck** in Wien.

Eine jede der an der Landoberfläche wirkenden Strömungen entfaltet ihre eigene Wirksamkeit. Das fliefsende Wasser schneidet sich Betten ein oder schüttet solche an; Thäler und Ebenen sind seine Werke. Der über das Land hinweg eilende Wind fegt Hohlkehlen und flache, tellerähnliche Vertiefungen aus, er häuft den fortgeführten Sand als Dünen an, während der aufgewirbelte Staub als eine zarte, sich allen Unebenheiten anschmiegende Decke zu Boden sinkt. Die Ströme von Eis endlich, die Gletscher, schleifen ihre Betten aus, hier mehr, dort weniger, je nach dem Widerstande, den sie finden, und nach der Kraft, die sie entfalten. Den weggeführten Schutt kitten sie in ihre Masse ein, schleppen ihn als Grundmoräne fort und häufen ihn an ihren Enden als Moränenwälle an, welche um so beträchtlicher werden, je länger die Gletscher an ein und derselben Stelle Halt machen. Die verschiedenen, von den einzelnen Strömungen geschaffenen Formen der Landoberfläche überdauern deren Wirksamkeit durch geraume Zeit. Eine von Flüssen regelrecht ausgeschnittene Thallandschaft bleibt noch lange bestehen, nachdem die Flüsse aufgehört haben, zu fliefsen; sind letztere durch Trockenheit versiegt, so erweitert der Wind wohl da und dort noch die Thäler, wirbelt Nischen an deren Gehänge aus, aber alle diese Veränderungen bedingen keine gänzliche Umwandlung der einmal geschaffenen Thallandschaft, dieselbe erhält sich selbst in der Wüste als ein Zeuge verschwundener Flufsthätigkeit, als Beweis eines stattgefundenen Klimawechsels. Und werden die Flüsse durch Gletscher ersetzt, so folgen diese den bereits eingeschnittenen Furchen, schleifen in denselben Becken aus, aber lassen die Thäler so lange bestehen, als sie nicht aus ihnen heraus-

treten und ein ganzes Land als Inlandeis bedecken. Umgekehrt überdauern die vom Eise ausgeschliffenen Felswannen und die von ihm angehäuften Moränenwälle dessen Thätigkeit. Haben die Gletscher längst wieder den Flüssen das Feld geräumt, so haben letztere immer noch zu arbeiten, um die ausgeschürften Becken wieder zuzufüllen, um zwischen den wirr angehäuften Moränenwällen eine regelmäfsige Entwässerung herzustellen.

Die Formen der Landesoberfläche gestatten, auf die Kräfte zu schliefsen, welche sie ausgestaltet haben, und sie sind es vor allem, welche in deutlichster Weise erkennen lassen, dafs einst in viel ausgedehnterem Mafse als heute die Gletscher auf dem Lande verbreitet gewesen sind. Eine Landkarte von Finnland oder Schweden verräth nichts von regelmäfsig eingeschnittenen Thallandschaften; See reiht sich dort an See, eine ausgeschliffene Felswanne liegt neben der anderen. Dasselbe wiederholt sich in der grofsen britischen Herrschaft in Nordamerika. Die Thäler der Alpen in Europa und Neuseeland entbehren der sonst herrschenden Gleichsinnigkeit des Gefälles; es sind tiefe Wannen in ihnen ausgeschliffen, welche die herrlichen Alpenseen bergen. In den Thalverzweigungen der Hohen Tatra werden zahlreiche Seen, die Meeraugen, angetroffen, welche echten Thallandschaften fehlen und an Stellen gelegen sind, an denen man in anderen höheren Gebirgen Gletscher findet. Allenthalben trifft man heute in Gebirgen, welche ihre Schneedecke bis tief in den Sommer hinein bewahren, auf die von kleinen Hängegletschern eingeschnittenen Formen. Gebirge, welche heute Hängegletscher tragen, sind in ihren Thälern von grofsen Thalgletschern ausgebildet worden, und jene Landschaften, welche heute reichvergletscherte Gebirgsstöcke umgeben, sind so ausgestaltet, wie man es von den unter einem Inlandeise begrabenen Gebieten erwarten mufs.

Aber nur zu leicht trügt die Form der Landoberfläche. Eine vom Winde ausgefegte Felswanne gleicht in vielen Stücken einem vom Gletscher ausgeschliffenen Becken, und die Trümmerablagerungen von Bergstürzen ähneln oft den vom Eise angehäuften Moränen. Um so wichtiger ist daher, dafs sich die Werke der einzelnen Strömungen nicht blofs durch ihre äufsere Form, sondern auch durch die Art ihrer Zusammensetzung, durch ihren Inhalt unterscheiden. Charakteristisch sind die Auswaschungen des Wassers; sie haben eine matte, sanft wellige Oberfläche, abgerollt sind die von den Flüssen bewegten Geschiebe, und in regelmäfsigen Schichten werden dieselben abgelagert. Einen firnifsartig glänzenden Ueberzug haben die vom Winde benagten

Felswände; die festeren Bestandtheile derselben ragen knopfartig aus ihrer weicheren Umgebung hervor, wahre Fazetten haben die vom Winde umwehten einzelnen Steine, sodafs man sie als Kanten- oder Pyramidalgeschiebe leicht wieder erkennt; deutlich geschichtet sind die Dünen, während der aus der Luft niederfallende Staub dicke, strukturlose Lager bildet. Sehr bezeichnend sind die Werke des Eises. Dort, wo letzteres über felsigen Boden hinwegging, ist derselbe abgeschliffen, gelegentlich so glatt wie ein Fufsboden, weichere und härtere Bestandtheile sind in gleicher Weise abgenutzt, harte Gerölle in weichem Bindemittel sind quer durchschnitten, und dabei laufen in der Richtung, in welcher sich das Eis bewegte, zarte Linien, kräftigere Schrammen und manchmal wahre Furchen über die abgeschliffene Fläche. Das sind die charakteristischen Gletscherschliffe. Die vom Gletscher verfrachteten Geschiebe werden nicht gerollt wie im Wasser, sondern wie in einem Teige vorwärts geschoben und geprefst. Dabei schürft das eine das andere ab, das eckige Bruchstück wird kantengerundet und über und über mit kreuz und quer verlaufenden Schrammen versehen, die ihm seine Nachbarn einritzen. Solche Scheuersteine oder gekritzten Geschiebe sind unverkennbare Gletschersteine. Bald schichtungslos, bald unregelmäfsig geschichtet endlich sind die vom Eise angehäuften Moränenwälle, bald sieht man in ihnen lehmige Partien, die mit gekritzten Geschieben förmlich gespickt sind, bald mehr ausgewaschene Schotterbildungen, bald Schlammlager — kurz ein wahres Chaos, welches durch die Mannigfaltigkeit seiner Zusammensetzung wahrhaft in Erstaunen setzt. Gletscherschliffe, gekritzte Geschiebe und Moränenbildungen sind in allen jenen Ländern verbreitet, welche die Formen der Eiswirkung aufweisen, und wenn letztere gleichsam die Aufmerksamkeit auf die ehemalige Entfaltung alter Gletscher lenken, so wird dieselbe durch die geschilderten Spuren ordentlich erwiesen.

Die Alpen sind es zuerst gewesen, in welchen man die Werke der heutigen Gletscher kennen gelernt hat, und in den Alpen entdeckte man zunächst auch die Spuren alter Gletscher. Man fand, dafs die Thäler der Rhone, Reufs, Linth und des Rheins vereist gewesen sind, dafs die aus ihnen entströmenden Gletscher sich auf dem schweizerischen Alpenvorlande trafen, am Jura stauten, und, denselben an mehreren Stellen überfliefsend, bis in die Gegend von Basel und Lyon gelangten. Später lernte man die alten Gletscher der Südalpen kennen. Hier, wo an das Gebirge unvermittelt die Poebene stöfst, fielen mächtige Schuttwälle auf, welche sich wie Amphitheater vor den Ausgang

einzelner Alpenthäler legten. Man wies in denselben die Moränen alter Gletscher nach, welche in den Thälern der Dora Baltea, des Tessin, der Adda, des Oglio, des Gardasees und Tagliamento das südliche Alpenvorland erreichten. Zuletzt endlich fand man auch in den deutschen Alpen Spuren alter Gletscher, welche ganz gewaltig im Inn- und Salzachthale entwickelt waren, aber auch im Ennsthale nicht fehlten; selbst in den niederösterreichischen Alpen traten sie auf und zierten das Mur-, Drau- und Sauthal, ohne allerdings bis an den Ostfufs des Gebirges zu gelangen. Während heute in den Alpen etwa 4000 qkm unter Schnee und Eis begraben sind, deckte die frühere Gletscherentwicklung eine Fläche von mindestens 150 000 qkm.

Kaum hatte man in der Schweiz die Spuren einer einstigen enormen Vergletscherung gefunden, so entdeckte man auch solche in jenen beiden Gebirgen, welche sich beiderseits des Rheines angesichts der Alpen erheben, nämlich im Wasgau und Schwarzwalde. Viel später erst wurde man der Werke alter Gletscher im Riesengebirge und Böhmerwalde gewahr, Andeutungen solcher wurden im Thüringerwalde unweit der Schmücke entdeckt, während man sich über die Deutung gewisser Ablagerungen im Harze als glazialer noch nicht hat einigen können. Auch in dem langgedehnten Gebirgsbogen der Karpathen wurden Gletscherspuren nachgewiesen, so namentlich in der Hohen Tatra, auf der Ozorra Hora im Quellgebiete von Pruth und Theifs, in den Rodnaer und den Transylvanischen Alpen. Im Westen trifft man auf dem zentralfranzösischen Plateau und vor allem in den Pyrenäen die Moränen alter Gletscher. Selbst auf den drei mittelmeerischen Halbinseln Europas, auf der Sierra Nevada von Granada, auf dem Gran Sasso d'Italia, auf dem Schar Dagh und Rilo Dagh inmitten der Balkanhalbinsel ist man Anzeichen begegnet, welche ziemlich sicher auf die ehemalige Entwicklung von Gletschern schliefsen lassen.

Besonders umfangreich und grofsartig sind die Gletscherspuren im nördlichen Europa. In den schottischen Hochlanden und in jenen von Wales, in ganz Norwegen traf man Gletscherschliffe und Scheuersteine an, und längst bekannt ist, dafs sich um die genannten Erhebungen das erratische Phänomen Nordeuropas erstreckt. Einzelne Findlinge sind über das norddeutsche Flachland gebreitet; schon im vorigen Jahrhundert erkannte man deren skandinavische Herkunft, und als J. de Charpentier und Louis Agassiz die erratischen Blöcke der Schweiz als Gletschersteine gedeutet hatten, zweifelten sie nicht daran,

dafs auch die norddeutschen Findlinge vom Eise transportirt worden seien. Beide Gelehrte sprachen von einer enormen Vergletscherung Nordeuropas, und Agassiz behauptete, dafs die Erde in ihrer Entwicklung wahre Kälteperioden erfahren habe. Die von J. Schimper und Goethe gleichsam geahnte Eiszeit hatte mit einem Male einen Platz unter den wissenschaftlichen Theorien gefunden. Aber es dauerte lange, bis das, was J. de Charpentier und Agassiz in kühnem Gedankenfluge errathen hatten, auch fest erwiesen wurde. Geraume Zeit meinte man, dafs das erratische Phänomen der nordischen Flachländer nur auf ein Meer deute, in welchem sich Eisberge mit Schutt beladen bewegten, bis man endlich inne wurde, dafs man es allenthalben mit gekritzten Geschieben, echten Moränen, und wo Felsen unter dem Diluvium auftreten, auch mit Gletscherschliffen zu thun hat. Seit Beginn der achtziger Jahre ist man zunächst zögernd, dann enthusiastisch zur Erkenntnifs dessen gekommen, was Anfang der vierziger Jahre Charpentier und Agassiz behaupteten, und man spricht heute um so sicherer von einer Vergletscherung des ganzen nördlichen Europa, als man in Grönland das Beispiel eines gänzlich vereisten Landes kennen gelernt hat. Während aber im heutigen Grönland kaum zwei Millionen qkm vergletschert sind, bedeckte das nordeuropäische Inlandeis mehr als sechs Millionen qkm, also eine mindestens dreimal gröfsere Fläche.

Eine solch riesige Vergletscherung vermag den Gedanken an eine Eiszeit in dem Sinne von Agassiz als einer gewaltigen Kälteperiode der Erde wahrlich neu zu beleben, zumal wenn man bedenkt, dafs dem grofsen nordeuropäischen Inlandeise auf der Westseite des Atlantik ein noch gröfseres nordamerikanisches entsprach. War doch hier das gesamte britische Nordamerika vereist, und reichte doch hier der Gletscherrand bis nach New-York, bis an den Zusammenflufs von Missouri und Mississippi bei St. Louis, bis endlich in den Staat Washington. Wohl neun Mal gröfser als das heutige grönländische Inlandeis war diese Vergletscherung von Nordamerika. Aber den beiden grofsen Inlandeismassen der gemäfsigten Breiten stehen nur verhältnifsmäfsig unbedeutende alte Gletscher in den niedrigen Breiten gegenüber. Wohl hat man selbst in den Tropen, in Brasilien, Spuren ausgedehnter Vergletscherungen zu finden gemeint, wohl hat man selbst behauptet, in der Sahara Andeutungen von Eiswirkungen entdeckt zu haben, aber bei genauerer Betrachtung stellte sich alsbald die Unstichhaltigkeit solcher Wahrnehmungen heraus. Unsere Karte zeigt aufserhalb der grofsen nordamerikanischen Vereisung zwar noch nennenswerthe Spuren alter Gletscher auf dem Kaskadengebirge und der Sierra Nevada, ferner

auf einzelnen Ketten des Felsengebirges, wie z. B. im Bereiche des Yellowstoneparkes, der Windriverkette, des Utah- und Wahsatchgebirges und der Alpen von Colorado; sie verzeichnet ferner Gletscherspuren vom Kaukasus, Karadagh, von den Ketten des Thianschan und Himalaya, sowie mehreren Stellen des östlichen Sibirien, wie z. B. vom Witimschen Plateau, wie auch vom Altai und Ural, in der eigentlichen Tropenzone jedoch hat man nirgends die Werke gröfserer Vereisungen, sei es in der Oberflächenform des Landes, sei es in gekritzten Geschieben oder Gletscherschliffen gefunden. Nur hoch oben auf der Sierra Nevada von Santa Marta am Südgestade des Karaibischen Meeres, ferner auf der Cordillere von Mérida und im Bereiche der bolivianischen Anden haben vornehmlich deutsche Forscher, Sievers und Hettner, die Spuren relativ kleiner Eisströme der Vorzeit gefunden. Erst in den gemäfsigten Breiten der Südhemisphäre trifft man wieder auf ausgedehntere Gletscherspuren, welche in Patagonien und auf der Südinsel Neuseelands in Bezug auf Ausdehnung und Grofsartigkeit sich denen der Nordhemisphäre wohl an die Seite stellen lassen; auch auf dem festländischen Australien kennt man Gletscherschliffe, und dieselben kehren auf den genauer bekannten Inseln des Wasserringes, welcher das Südpolarland umgürtet, wieder, während letzteres selbst, soweit die spärlichen Beobachtungen einen Schlufs zulassen, in ähnlicher Weise wie Grönland vom Eise bedeckt ist.

Angesichts so grofser Verschiedenheiten in der ehemaligen Eisentwicklung höherer und niederer Breiten kann heute schwerlich von einer Eiszeit im Sinne von Agassiz gesprochen werden, nämlich von einer allgemeinen, die ganze Erde betreffenden, alles organische Leben vernichtenden Kältekatastrophe; denn sonst müfste man ebenso in der Nähe des Aequators wie in der Umgebung der beiden Pole Anzeichen grofser ausgedehnter Vergletscherungen begegnen. Andererseits aber können auch diejenigen nicht Recht haben, welche die Eiszeit lediglich als ein Lokalphänomen betrachten und z. B. in der Ablenkung des Golfstromes die Ursache derselben erblicken, denn nicht blofs die atlantischen Länder, sondern selbst das pacifische Neuseeland haben ihre Eiszeit gehabt. Endlich geht es nicht an, die Eiszeit als eine Erscheinung zu betrachten, welche ausschliefslich die höheren Breiten betraf, und sich gleichzeitig oder abwechselnd in der Umgebung beider Pole entfaltete, denn auch die nahe dem Aequator befindlichen Gebirge Südamerikas haben ihre, wenn auch kleinen Vergletscherungen gehabt. Es ist kein Zweifel, die Eiszeit war ein universelles Phänomen auf der ganzen Erde, aber ihr Wesen besteht

nicht in einer plötzlich hereinbrechenden Kälteperiode, sondern in einer Vermehrung der Existenzbedingungen der Gletscher. Es war die Gletscherentwicklung während der Eiszeit um einen gewissen Grad intensiver als heute. Wie schon einmal erwähnt, waren Hängegletscher in den Gebirgen entwickelt, die heute den bei weitem gröfsten Theil des Jahres mit Schnee bedeckt sind; Thalgletscher waren dort verbreitet, wo heute sich Hängegletscher entwickeln, und dort, wo gegenwärtig Thalgletscher sich ausdehnen, hatte man früher ein Inlandeis. Die heutigen Inlandeismassen endlich sind nur bescheidene Ueberreste viel gröfserer der Vorzeit.

Was auf den ersten Blick befremdlich erscheint, wird bei näherem Zusehen zu einem Zeugen der Einheitlichkeit der ehemaligen Gletscherentwicklung. Frappirt zunächst, dafs man im Norden der Alpen ein gewaltiges Inlandeis antrifft, während man südlich des Gebirges nur Spuren kleiner alter Gletscher begegnet, so genügt doch vollauf zur Erklärung beider Beobachtungen die Annahme, dafs während der Eiszeit die Schneegrenze um rund 1000 m tiefer lag als heute. Infolge dieser Tiefenlage befanden sich grofse Flächen Skandinaviens über der ehemaligen Schneegrenze, während in Italien nur die höchsten Gipfel des Landes in das Bereich des ewigen Schnees aufragten und dadurch befähigt wurden, Gletscher zu erzeugen. Die Eiszeit ist gegenüber der Gegenwart durch eine allgemein tiefere Lage der Schneegrenze ausgezeichnet.

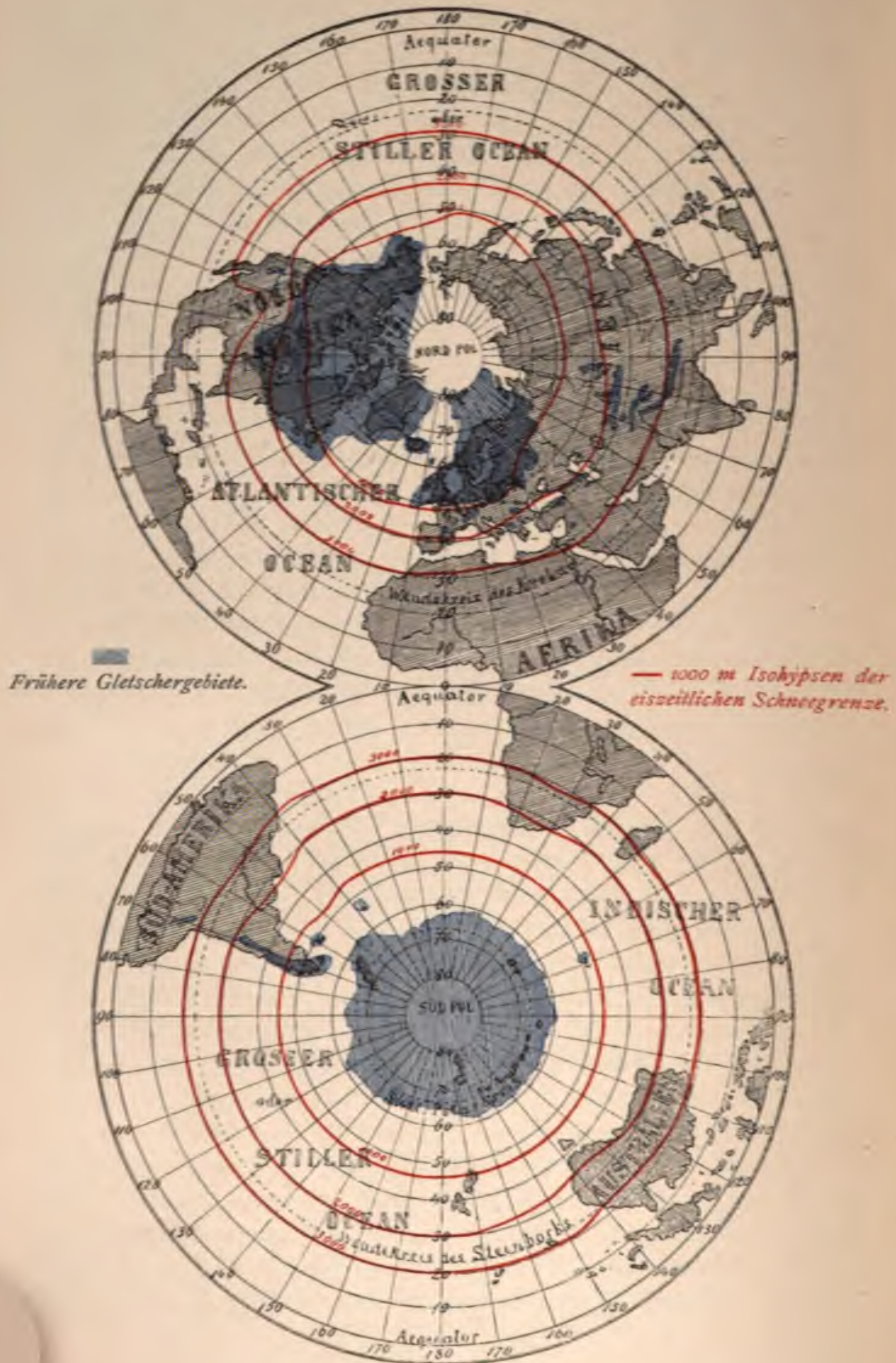
Diese Erkenntnifs gehört zu den verhältnifsmäfsig neuen Errungenschaften des Eiszeitstudiums, und sie ist ausschliefslich deutschen Forschern zu danken. War zwar von vornherein klar, dafs der gewaltigen Entwicklung vormaliger Gletscher eine tiefere Lage der Firngrenze entsprechen müsse, so hat man doch erst seit kurzer Zeit ein Verfahren gefunden, welches die Lage der alten Firngrenze genau zu bestimmen ermöglicht. Den ersten einschlägigen Wink sprach ein tiroler Forscher, G. Götsch, aus. Er zeigte, dafs im Etschgebiete einzelne Thäler vereist waren, welche heute gletscherfrei sind, und folgerte hieraus, dafs die Umrahmung jener Thäler in das Reich des ewigen Schnees aufgeragt haben müsse. Auf diese Weise stellte er fest, dafs noch nach der grofsen Eiszeit eine Zeit lang die Firngrenze 1000 Fufs tiefer als heute gelegen gewesen sei. Dem verehrten Nestor der heutigen Alpenforscher, Friedrich Simony, gebührt das Verdienst, die Frage für die Eiszeit selbst gelöst zu haben. Er fand, dafs im Salzkammergute während der Eiszeit Gletscher von Bergen mit kaum 1300 m Höhe ausgegangen seien, und folgerte dar-

aus, dafs damals die Firngrenze unter jener Höhe gelegen gewesen sein müsse. Joseph Partsch hat daraus ein ganz bestimmtes Verfahren herausgebildet. Er sucht die Berge aus, welche noch gerade Gletscher trugen, der niedrigste von denselben mufs noch in das Reich des ewigen Schnees hineingeragt haben, für dessen untere Grenze dadurch ein maximaler Werth gefunden wird. Dann sucht er die Berge aus, welche keinen Gletscher mehr getragen haben, der höchste von denselben ragte gewifs nicht in die Firngrenze hinein, deren Höhenlage im Minimum daher mit der des letzterwähnten Gipfels übereinstimmt. Sorgfältig Maximum und Minimum für die Höhenlage der eiszeitlichen Firngrenze bestimmend, gelingt es, für beide ziemlich nahe kommende Werthe zu finden, zwischen welchen sich die Höhe der alten Firngrenze bewegt. Das Mittel aus Maximum und Minimum kann dann ohne grofsen Fehler als die gesuchte Höhe bezeichnet werden. Zur Kontrolle dient ein weiteres Verfahren. Jeder Berg, welcher einst Gletscher trug, ragte in das Reich des ewigen Schnees hinein, und erstreckte seine Gletscher aus demselben heraus. Die Firngrenze liegt stets zwischen der Höhe des Gletscherberges und der Höhe der Gletscherzunge.

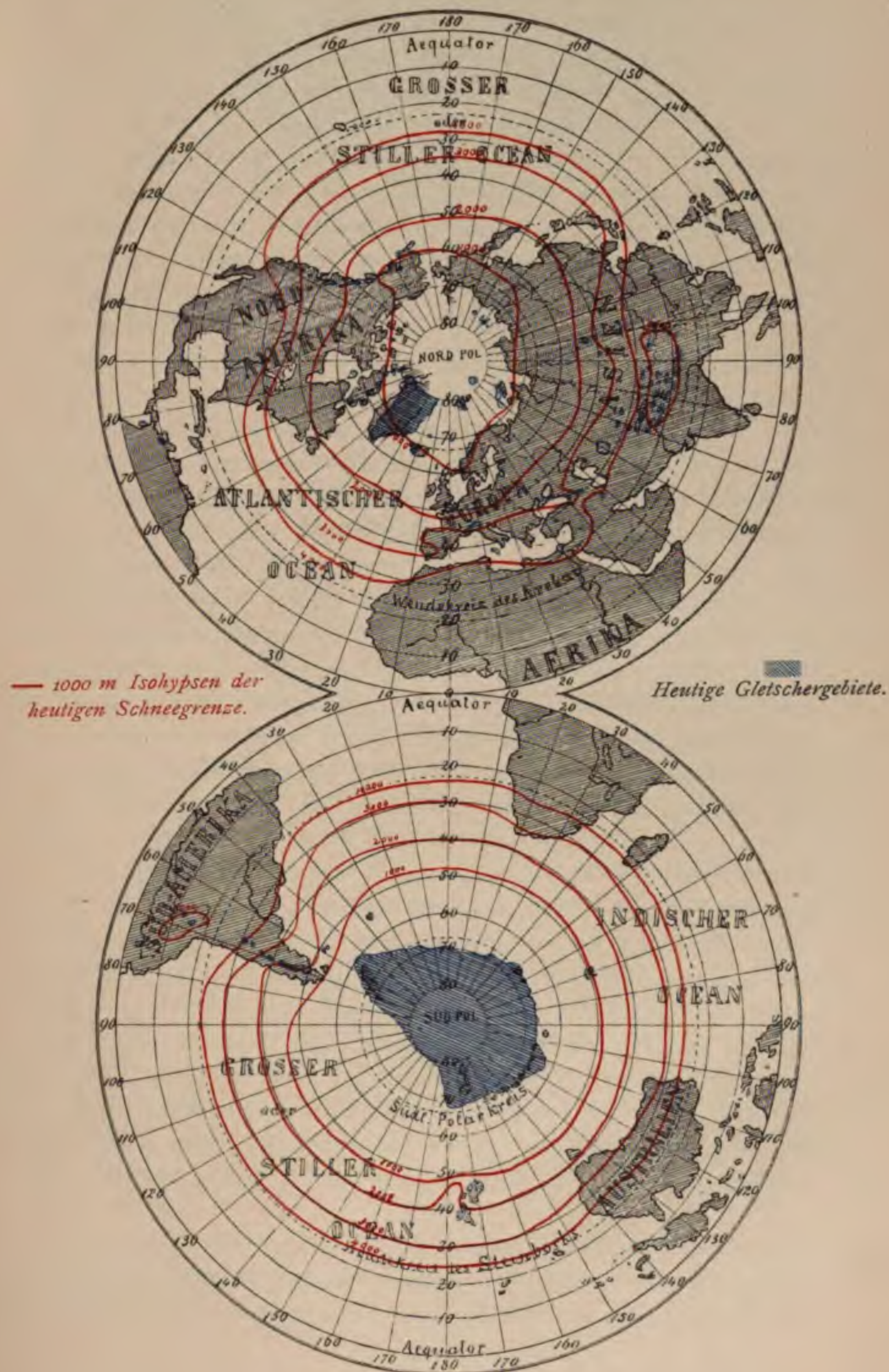
Mit Hilfe des angedeuteten Verfahrens hat Partsch die Höhe der eiszeitlichen Schneegrenze über dem mittleren Deutschland zu 1000—1200 m bestimmt, also um rund 1000 m tiefer als sie heute anzunehmen ist. Später wurde unter gleichen Erwägungen die eiszeitliche Firngrenze in den Pyrenäen zu 1700 m auf dem Nordabfalle, zu 2000 m auf dem Südabfalle, gefunden. Weitere Untersuchungen ergaben für die Alpen die entsprechenden Werthe von 1000 und 1400 m, und bereits 1884 konnte ich versuchen, die Linien gleicher Höhe der eiszeitlichen Firngrenze für das mittlere Europa zu ziehen. Schätzungsweise kann dies heute für die gesamte Erde geschehen.

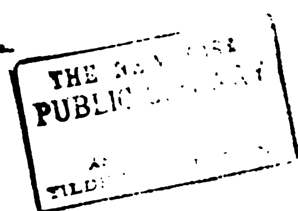
Wenn man z. B. die Karte der alten Gletscher Nordamerikas unter dem 40. Parallel betrachtet, welche Clarence Ring bereits im Jahre 1877 veröffentlicht hat, so wird man bemerken, dafs nur die Gebirge von 3000—4000 m Höhe Ausgangspunkte von Eisströmen waren, und demnach die damalige Schneegrenze schon auf unter 3000 m Höhe festlegen. Erfährt man dann andererseits, dafs von allen diesen Gletschern nur wenige auf 2300 m herabreichten und vielfach schon in 2500 m Halt machten, so wird man die genannte Höhengrenze auf mindestens 2500 m veranschlagen. Sind auch die ermittelten Grenzwerthe noch ziemlich weit auseinander, so ermöglichen sie doch, mit aller Bestimmtheit zu äufsern, dafs im „Grofsen Becken“ zwischen

Die hauptsächlichsten früheren Gletschergebiete der Erde.



Die hauptsächlichsten heutigen Gletschergebiete der Erde.




THE

Felsengebirge und Sierra Nevada die glaziale Firnlinie mindestens 1000 m tiefer als die heutige zu suchen ist. Erfährt man ferner, dafs im Kaukasus einst die Gletscher auf 600—900 m Meereshöhe herabstiegen, während selbst heute die gröfseren durchschnittlich in 2500 m enden, dafs im Thien-Schan die Eisströme einst das Niveau von 1500 m erreichten, wogegen sie gegenwärtig kaum bis auf 3000 m Höhe herabsteigen, so sieht man in beiden Gebirgen sprechende Gegenstücke zu den Pyrenäen und Alpen, wo sich die eiszeitlichen Gletscherzungen auch rund um 1500—2000 m tiefer erstreckten als die heutigen, und man wird nicht weit fehlen, wenn man die Lage der Firngrenze bei den grofsen asiatischen Gebirgen gleichfalls um mehr als 1000 m tiefer als die heutige, also wie bei den Alpen, ansetzt. Bestärkt wird man in dieser Ansicht, wenn man von einer namhaften eiszeitlichen Vergletscherung des Altai und Tarbagatai hört. Für äquatoriale Gebirge gelten die entsprechenden Ueberlegungen. Die untere Grenze der dauernden Schneefelder liegt heute in der Sierra Nevada de Santa Marta südlich vom karaibischen Meere 4700 m hoch, Gletscherspuren reichen dagegen bis 3800 m herab, und die Ostkordillera Boliviens, welche heute nur auf ihren höchsten Gipfeln kleine Hängegletscher trägt, war ehedem gänzlich vereist, was bestimmt auf eine Höhe der Firnlinie von rund 4000 m hinweist. Die australischen Alpen, welche heute nur ganz unbedeutende Firnflecken bergen und über welchen die Schneegrenze erst in etwa 2500 m zu suchen ist, bargen Gletscher, die sich an Berge mit unter 2000 m Höhe anlehnten und bis 900 m herabreichten, so dafs man auf eine Höhe der Firnlinie von unter 1500 m schliefsen mufs.

Alle Einzelerscheinungen weisen nach gleicher Richtung; überall auf der Erde lagen die Gletscherenden weit tiefer als heute, überall erstreckte sich das Reich des ewigen Schnees viel weiter als gegenwärtig, und wenn sich auch für die einzelnen Theile der Erde die „Depression der glazialen Firnlinie“ nicht bis auf den Meter genau angeben läfst, so kann doch kein Zweifel darüber herrschen, dafs dieselbe durchschnittlich etwa 1 km ausmachte. In grofsen Zügen kann man daher heute schon den Verlauf der eiszeitlichen Schneegrenze der heutigen gegenüberstellen, und erhält dann Bilder von eindringlichster Wirkung, wie sie auf der beiliegenden Tafel wiedergegeben sind.

Die beiden Kärtchen zeigen in vollster Deutlichkeit den grofsen Gegensatz im Verlaufe der eiszeitlichen und heutigen Firngrenze. In der breiten Zone beiderseits des Aequators zwischen den Parallelkreisen

von 30° N. und 30° S., also auf der Hälfte der Erdoberfläche, sinkt heute das Reich des ewigen Schnees nirgends bis unter 4000 m herab, und in den grofsen Hochländern von Peru und Tibet bleibt seine untere Grenze selbst über 5000 m Höhe. Während der Eiszeit lag hingegen über der gesamten in Betracht kommenden Fläche die untere Schneegrenze nicht 4000 m hoch, und lediglich im Hochland von Peru. in der Umgebung des Titicacasees sowie muthmafslich auch über Tibet befand sie sich höher, in etwa 4000—4500 m. Diese gewaltige, die gesamte Tropenregion betreffende Herabdrückung der Schneegrenze konnte sich nicht in gewaltigen Vergletscherungen geltend machen, denn sie wurde lediglich in den höchsten Gebirgen mit Gipfeln von über 4000 m Höhe fühlbar. Die Anden, vielleicht auch die Gebirge von Borneo und Neu-Guinea, waren nicht blofs zeitweilig, sondern ständig an ihren höchsten Gipfeln mit Schnee ummäntelt.

Von jener breiten Zone senkt sich heute die Schneegrenze ziemlich rasch polwärts, und zwar auf der Südhemisphäre rascher als auf der nördlichen Halbkugel. Während auf letzterer das Reich des ewigen Schnees erst durchschnittlich unter dem 50. Breitenkreise bis auf 2000 m herabsinkt, geschieht dies auf der Südhälfte der Erde schon unter dem 40. Parallel, was sichtlich durch das Ueberwiegen der Wassermassen im Süden bedingt ist. Zur Eiszeit nun lagen die Verhältnisse entsprechend, auf beiden Hemisphären war die Isohypse von 2000 m der Schneegrenze um je 10° äquatorwärts verschoben und wurde auf der nördlichen Halbkugel unter dem 40., auf der südlichen bereits unter dem 30. Parallel angetroffen. Es hatten somit zur Eiszeit im Norden 90 Millionen, im Süden fast 130 Millionen qkm der Erdoberfläche die Schneegrenze in einer Höhe von nicht 2000 m über sich; das ist zusammen fast die Hälfte der Erdoberfläche, während gegenwärtig nur kaum ein Drittel derselben sich in solch geringem Abstande vom ewigen Schnee befindet.

Die bemerkenswertheste Verschiebung hat aber zweifellos die Linie erfahren, längs welcher die Schneegrenze 1000 m hoch liegt. Gegenwärtig stöfst man auf diese 1000 m Isohypse der Schneegrenze im Durchschnitte erst innerhalb des nördlichen Polarkreises, während man sie zur Eiszeit schon nördlich des 50. Parallels antreffen konnte. Das von der 1000 m Isohypse der Schneegrenze umschlossene Areal war damals auf der Nordhemisphäre dreimal so grofs als heute, es mafs 60 Millionen qkm, und innerhalb dieses Areales befindet sich der grofse Landgürtel rings um den Nordpol mit seinen zahlreichen Mittelgebirgen. Analog lagen die Dinge auf der Südhemisphäre. Hier

war die 1000 m Isohypse der Schneegrenze vom 55. mindestens bis zum 45. Parallel verschoben und hatte das von ihr umschlossene Areal von 46 Millionen qkm auf 75 Millionen qkm vergröfsert, so dafs sich in Patagonien und Neuseeland, muthmafslich auch in Tasmanien grofse Gletscher zu entwickeln vermochten.

Dasselbe Phänomen der Senkung der Schneegrenze hat auf den verschiedenen Theilen der Erdoberfläche verschieden starke Vergletscherungen zur Folge gehabt, indem gemäfs des wechselvollen Baues der Landoberfläche verschieden grofse Areale der einzelnen Zonen in das Reich des ewigen Schnees einbezogen wurden. Natürlich kann man hierüber nur sehr rohe Schätzungen anstellen. Zwischen den Parallelen von 30° N. und 30° S., also in der tropischen Hälfte der Erdoberfläche, dürften kaum ³/₄ Millionen qkm, nur 3 % der ganzen Zone, durch die Senkung der Schneegrenze bis unter 4000 m berührt worden sein, während auf den polaren Gebieten der Erdoberfläche, nämlich den beiden Kugelhauben von den Polen bis je zum 30. Parallel, mindestens 12 Millionen qkm, also 5 % des Areales, in die Schneebedeckung einbezogen wurden. Von dieser Fläche fällt mehr als die Hälfte, nämlich 7 Millionen qkm, auf die Zone zwischen 50° N. und 70° N. Kein Wunder daher, wenn sich hier grofse Gletscher entwickelten. Diese aber konnten nicht wie die Eisströme der Hochgebirge niedriger Breiten von den Gebirgen in weit wärmere Zonen herabsteigen, wo sie intensiv abgeschmolzen wurden, sondern erreichten bald den Fufs der Gebirge, vor welchem sie sich dicht unter der Schneegrenze weit ausbreiten mufsten, um eine grofse Abschmelzfläche zu gewinnen. Dabei nach und nach mächtig anschwellend, erweiterten sie sich ihr Firnfeld, also ihre Ernährungsfläche, und gewannen das Mittel für neue Vergröfserung. So kam es denn, dafs gerade auf dem Lande der Nordhemisphäre sich solch gewaltige Inlandeismassen entwickelten, wie das europäische und nordamerikanische, als Effekt eben derselben Ursache, welche in den Tropen nur Gletscher von wenigen Kilometer Länge erzeugte.

Die Gletscher sind eben gleich den Flüssen zwar Produkte des Klimas, aber ihre Gröfsenverhältnisse können gleichfalls nicht als Mafsstab besonderer klimatischer Zustände gelten. Man kennt grofse und kleine Flüsse sowohl in trockenen wie auch in feuchten Ländern; neben dem Niederschlage und der Verdunstung entscheidet die Fläche des Einzugsgebietes über Wasserreichthum und Gröfse des Flusses. Ebenso ist es mit den Gletschern. Sie sind verursacht durch rein klimatische Verhältnisse, durch Schneemassen, welche nicht schmelzen

können, aber ihre Gröfse wird bestimmt durch das Areal ihres Nährgebietes. Die Gröfsenverhältnisse früherer Gletscher im Gegensatze zu den heutigen sind kein Mafsstab für die stattgehabte Klimaänderung, sondern in ihnen spiegelt sich zugleich auch die dadurch bewirkte Veränderung in den Nährgebieten der Eisströme, also ein im wesentlichen morphologisches Moment ab. Rein und ungetrübt wird dagegen die seit der Eiszeit erfolgte Veränderung des Klimas durch die Verschiebung der Grenzen des ewigen Schnees erwiesen. Das ist eine klimatische Linie, sobald der Einflufs der Exposition auf ihre Lage, wie leicht möglich, ausgemerzt ist. Der Verfolg der glazialen Schneegrenze im Vergleiche zur heutigen ist der Schlüssel zum Verständnifs des eiszeitlichen Klimas.

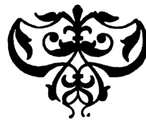
In erster Linie mufs betont werden, dafs die Isohypsen der Schneegrenze während der Eiszeit ganz analog den heutigen verlaufen. Auf der wasserreichen Südhemisphäre lag das Reich des ewigen Schnees zur Diluvialperiode ebenso wie gegenwärtig durchweg tiefer als auf der Nordhemisphäre. Man entnimmt daraus, dafs dieselben Momente, welche heute auf der südlichen Halbkugel die Schneegrenze herabdrücken, nämlich das vorwiegend ozeanische Klima, damals schon in gleicher Richtung thätig waren; es spielte sich die Eiszeit bei der heutigen Vertheilung von Wasser und Land ab, wie auf dem heutigen Relief der Erdkruste. Das ist überdies durch zahlreiche Einzelstudien erwiesen worden. Es waren während der Eiszeit die Isohypsen der Schneegrenze durchweg äquatorwärts verschoben, und allenthalben nahezu um dieselben Beträge. Dies erscheint als ein gewichtiger Fingerzeig für die Gleichzeitigkeit der einzelnen Vergletscherungen. Mehrfach ist bereits die Frage aufgeworfen worden, ob z. B. die grofse Vergletscherung Nordeuropas mit jener Nordamerikas gleichzeitig erfolgte, und für einzelne Gebirge, wie z. B. den Altai und die australischen Alpen, ist direkt behauptet worden, dafs ihre frühere Vergletscherung nicht in die grofse Eiszeit gehöre. In der That könnte man sich vielleicht denken, dafs die Erdachse einst eine andere Lage besessen habe als heute, dafs vielleicht eine Zeit lang der Nordpol in Europa gelegen gewesen sei, um später über Nordamerika nach seinem heutigen Orte zu wandern. Mit dem Wandern des Poles hätte man dann ein Wandern der Vergletscherungen anzunehmen, erst wäre Europa, dann Nordamerika vereist gewesen. So würde man sich wohl die grofsen Vergletscherungen, nicht aber die allenthalben auf der Erdoberfläche einheitliche Herabdrückung der Schneegrenze erklären können. Letztere geschah aber symmetrisch

zum Pole — also bei der heutigen Lage der Erdachse — und allenthalben gleichmäfsig, daher auf der ganzen Erde gleichzeitig.

Die Lage der Schneegrenze ist durch zwei klimatische Elemente bestimmt, nämlich durch Niederschlag und Temperatur. Dort, wo mehr Schnee fällt als gethaut werden kann, speichert sich der „ewige Schnee“ auf; die Schneegrenze befindet sich daher gerade in der Höhe, wo ebenso viel Schnee im Laufe des Jahres fällt, als weggethaut werden kann. Diese Erwägung wirft einiges Licht auf die klimatischen Verhältnisse während der Eiszeit. Dieselbe kann ausgezeichnet gewesen sein durch einen viel gröfseren Niederschlagsreichthum als heute. Dann mufste die Schneegrenze natürlich abwärts wandern bis in die Höhen, in welchen durch die höhere Temperatur der Ueberschufs des Schneefalles beseitigt werden konnte. Nun kennt man die Höhe, in welcher sich die eiszeitliche Firngrenze befand, und man kann schätzen, wie grofs in derselben unter der Voraussetzung der heutigen Wärmevertheilung wenigstens annähernd der Betrag der Abschmelzung, der sog. Ablation, ist. Heute wird an der Schneegrenze des Suldengletschers eine Eisschicht entsprechend einer Wasserschicht von 1 m Höhe im Jahre geschmolzen; nach einer von Kurowski gegebenen Formel ist in 1400 m Höhe, dem mittleren Niveau der eiszeitlichen Schneegrenze in den Alpen die Ablation so stark, dafs die Eisschmelze eine 7 — 8 m mächtige Wasserschicht liefern würde. Diese Ziffer entspricht aber nach der obigen Ueberlegung der Niederschlagshöhe im Bereiche der eiszeitlichen Schneelinie, wenn dieselbe lediglich durch die Steigerung des Schneefalles verursacht ist. Es müfste also während der Eiszeit drei- bis viermal mehr Niederschlag als heute gegeben haben, und zwar in Beträgen, welche heute in den entsprechenden Breiten ohne Gleichen sind. Das spricht nicht sehr zu Gunsten der, wie es scheint, zuerst von Lombardini geäufserten und später namentlich von Frankland begründeten Ansicht, dafs die Eiszeit lediglich eine Zeit gesteigerter Niederschläge gewesen sei, und zwar infolge des Umstandes, dafs damals eine reichere Erwärmung der Erde stattfand, durch welche gröfsere Massen von Meerwasser verdunstet und damit die Niederschläge gesteigert worden seien. Denn wenn nicht blofs die Niederschläge gesteigert, sondern gleichzeitig auch die Temperatur erhöht war, so war die Ablation im Niveau der eiszeitlichen Firnlinie gröfser als oben berechnet, und dem entsprechend mufs es ganz fabelhaft viel geschneit haben. Es kann daher nicht als wahrscheinlich gelten, dafs die Ursachen der Eiszeit lediglich in einer Verstärkung der Niederschläge bestanden.

Eine ganz bestimmte Thatsache kann diese Ansicht befestigen. Die Eiszeit kennzeichnet sich nämlich nicht blofs durch eine Verschiebung in der Höhenlage der Schneegrenze, sondern auch durch eine Herabdrückung der Baumgrenze. Letztere sind wir gewöhnt, in den Alpen rund 800 m tiefer als die Schneegrenze anzutreffen, während in Patagonien der Zwischenraum zwischen beiden Grenzen, die Alpenregion, sehr unbedeutend ist. Der wechselnde Abstand zwischen beiden Höhengrenzen kommt daher, dafs die Lage derselben nicht durch die nämlichen klimatischen Faktoren bestimmt wird. Ist die Schneegrenze durch Sommer-Temperatur und Niederschlag festgelegt, so ist die Baumgrenze lediglich durch die Temperatur bedingt. Aendern sich nur die Niederschlagsverhältnisse, so wird lediglich die Schneegrenze beeinflufst; nimmt der Schneefall zu, so dehnt sich das Reich des ewigen Schnees unter Umständen bis zur Baumgrenze aus, so wie es heute in Patagonien der Fall ist, und die Alpenregion verschwindet; nimmt hingegen die Temperatur ab, so werden Schnee- und Baumgrenze zugleich verschoben, und es bleibt ein Abstand zwischen beiden, welcher von der Alpenregion eingenommen wird.

(Schlufs folgt.)





Ueber den Chemismus im lebenden Protoplasma.

Erste Mittheilung.

Von Prof. W. **Preyer** und G. **Wendt** in Berlin.

Seit der denkwürdigen Synthese des Harnstoffs, mit welcher im Jahre 1828 Wöhler der Biochemie eine neue Wendung gab, sind so viele verwickelte Erzeugnisse des thierischen und pflanzlichen Stoffwechsels, von der Ameisensäure an bis zum Alizarin, Salicin, Coniin und Neurin, künstlich dargestellt worden, dafs die damalige etwas voreilige Schlufsfolgerung, es sei der Glaube an eine besondere Lebenskraft durch solche Synthesen vollständig unhaltbar gemacht, immer mehr Anhänger gefunden hat. Die Gegner des Vitalismus schlossen, dafs in den lebenden Organismen ausschliefslich dieselben Kräfte walten müfsten, wie in der anorganischen Natur, weil eine Reihe von chemischen Verbindungen, welche nur als Produkte der Lebensvorgänge bekannt waren, nun im Laboratorium dargestellt werden konnten.

So wichtig in heuristischer Hinsicht diese Annahme gewesen ist und ohne Zweifel bleiben wird, so wenig wird sie durch die synthetische Chemie gestützt. Denn wenn noch so viele Produkte des anaplastischen oder — was schon weniger überrascht — des kataplastischen Stoffwechsels der Thiere und Pflanzen aus ihren Elementen auf allerlei Umwegen künstlich zusammengesetzt werden, so wird damit immer nur aufs neue bewiesen, dafs diese Körper noch auf anderem Wege zu erhalten sind, als auf dem, welchen der pflanzliche und der thierische Organismus zu ihrer Erzeugung einschlägt.

Es ist Thatsache, dafs der Chemiker bei solchen Synthesen einen völlig anderen Prozefs durchführt, als der Organismus. Weshalb also sollte nicht im Organismus eine besondere Kraft thätig sein, die sogenannte Lebenskraft? So fragen heute wieder manche wie vor sechzig Jahren. Erst kürzlich sagte Roscoe bei Gelegenheit der Eröffnung der British Association in Manchester nach einer entschiedenen

Ablehnung der Hypothese von der Lebenskraft: „Man könnte die Frage aufwerfen: ist irgend eine Grenze diesem synthetischen Vermögen des Chemikers gesetzt? Obwohl die Gefahr des Dogmatisirens über den Fortschritt der Wissenschaft sich bereits in zu vielen Beispielen gezeigt hat, kann man doch nicht umhin, zu fühlen, dafs für den Chemiker gegenwärtig keine Aussicht ist, die Schranke, welche zwischen der organisirten und der nichtorganisirten Welt existirt, niederzureifsen."

Allerdings hatte die Chemie bisher keine Berechtigung als solche, ohne Zuziehung anderer Thatsachen eine besondere Lebenskraft in das Reich der Fabel zu verweisen. Soll es aber geschehen — und es ist wichtig, dafs es bald geschieht — dann mufs erwiesen werden, dafs die chemischen Prozesse im pflanzlichen und thierischen Organismus durch die vorhandenen Naturgesetze oder diese und etwa neu zu entdeckende, mit ihnen im Einklang stehende Naturgesetze sich erklären lassen und demgemäfs einige der eigenthümlichen physiologischen Reaktionen und Synthesen auf demselben Wege künstlich aufserhalb des lebenden Organismus gerade so hervorgerufen werden können, wie innerhalb desselben.

Diese Aufgabe ist lösbar. Es mufs aber zuvörderst erkannt sein, was alles zum Zustandekommen der gewöhnlichen chemischen Reaktion gehört, sodann, welche von diesen Bedingungen bei der chemischen Umsetzung im Organismus etwa fehlen oder anders geartet sind und ob etwa in ihm ganz neue auftreten. Sind diese Unterschiede klar gelegt, dann können solche veränderte Bedingungen für eine chemische Umsetzung auch wohl willkürlich künstlich hergestellt werden und daraus würde eine, von der heutigen Chemie sehr verschiedene und weitaus mannigfaltigere Biochemie hervorgehen.

Hier sei nun gleich im voraus gesagt, dafs solche veränderte Reaktions-Bedingungen in der lebenden Zelle wirklich vorhanden sind und sogar im chemischen Grofsbetriebe Organismus-Reaktionen, wie später gezeigt werden soll, von der Empirie zufällig aufgefunden, zur Anwendung gelangen. In solchen Fällen pflegt die heutige Chemie sich mit einem „nicht recht erklärlich" zu begnügen, wenn nach ihrem Zustandekommen gefragt wird. Eine nicht geringe Anzahl von Wörtern, welche unklare Begriffe bezeichnen, wie „Katalyse", „Kontaktkraft", „Ferment", „Allotropie", kann über die von jedem geschulten und gründlich nachdenkenden Beobachter gefühlten Mängel der höchst dürftigen Erklärungsversuche nicht hinweghelfen. —

Damit eine einfache chemische Reaktion vor sich gehe, müssen

verhältnifsmäfsig viele Bedingungen erfüllt sein. Um diese zu ermitteln, fragen wir, was ausnahmslos bei jeder chemischen Reaktion vorkommt, schliefsen wir demnach streng alles dasjenige aus, was nicht bei jeder zu beobachten ist. Dann folgern wir, dafs alles bei jeder chemischen Reaktion stets nachweisbare für das Zustandekommen einer chemischen Reaktion überhaupt unentbehrlich oder eine nothwendige Begleiterscheinung derselben ist.

Denn diejenigen Naturvorgänge, welche man chemische Reaktionen nennt, müssen sich von allen anderen durch irgend etwas in genetischer Hinsicht unterscheiden, was sie eben zu chemischen Prozessen stempelt und ihnen nicht fehlen darf, wenn sie diesen Stempel behalten sollen. Dieses Etwas mufs dasjenige sein, was allen chemischen Reaktionen stets zukommt.

Nun ist sämtlichen an der Erdoberfläche vorkommenden chemischen Reaktionen im üblichen Sinne des Wortes gemeinsam, dafs

1. verschiedene Materien in unmittelbarer Berührung sind,
2. Wasser oder ein anderes Lösungs- und Leitungsmittel da ist,
3. elektrische Ströme entstehen,
4. Volumänderungen und
5. Aenderungen der Wärmeenergie eintreten,
6. eine Massenwirkung vorhanden ist.

In den chemischen Lehrbüchern wird die chemische Reaktion, das Fundament der Chemie, als solche wenig oder garnicht speziell besprochen. Die metaphysische Frage nach dem letzten Grunde der Reaktion pflegt das näher liegende in den Schatten zu stellen. Hier sind wohl zum ersten Male die sechs unbedingten Erfordernisse aller chemischen Reaktionen zusammengefafst.

Es fragt sich, ob sie auch stets in der Begleitung des Chemismus der organisirten Materie aufzufinden seien.

Als die drei Grundfunktionen[1]) des Protoplasma, dieses Grundstockes alles tellurischen Lebens sind erkannt:

a) Stoffwechsel,
b) Kraftwechsel,
c) Formwechsel.

b) und c) sind nie ohne a) möglich und a) besteht aus der Assimilation und Dissimilation. Die Assimilation und Dissimilation von Materie, beide beim lebenden Protoplasma als konstant vorhanden

---

[1]) Preyer: „Elemente der allgemeinen Physiologie", 1883, und „Zur Physiologie des Protoplasma". Naturwissenschaftliche Wochenschrift v. Potonié. Berlin 1890, 1.

konstatirt, können nichts anderes, als chemische Vorgänge sein, da nur durch atomistische Reaktionen wirkliche Verwandlungen von Materie, d. h. äufserlich und innerlich verschiedene chemische Verbindungen hervorgebracht werden können; anderenfalls würden die Grundpfeiler der chemischen Wissenschaft hinfällig sein.

Die ersten fünf von den sechs Erfordernissen oder Begleiterscheinungen jeder chemischen Reaktion sind nun für die erste der Grundfunktionen des Protoplasma direkt beobachtet oder experimentell nachgewiesen worden, nicht aber das sechste Erfordernifs, die chemische Massenwirkung.

Auf Grund seiner Versuche über den todten Raum bei chemischen Reaktionen schliefst Liebreich, „dafs das Zustandekommen jeder chemischen Reaktion nur von einer bestimmten Gröfse des Raumes an, in welchem sie vor sich gehen soll, aufwärts möglich ist.“ Dafs bei kapillaren Räumen der physikalische Einflufs der Wandung und der verschiedenen Spannung der Flüssigkeitsoberflächen u. a. m. sehr zu beachtende Gröfsen sind, ist unbestritten. Und fast alle Kapillaritätsreaktionen sind bekanntlich von der gröfsten Empfindlichkeit. Dafs nun schon bei ganz minutiösen Aenderungen der Raumverhältnisse, der Wandoberfläche, der physikalischen Eigenschaften der betreffenden Flüssigkeiten, bei noch so geringen Verunreinigungen oder Beimischungen, ferner bei der geringsten Aenderung der Temperatur, der Belichtung u. dgl. m. diese für gewöhnliche Verhältnisse zu vernachlässigenden Gröfsen sich sehr erheblich ändern, ist längst festgestellt. Deshalb ist es aber auch verständlich, dafs bei solchen, wenn auch für Laboratoriums-Verhältnisse minutiösen Aenderungen, erhebliche Aenderungen der kapillaren Reaktionen erfolgen müssen. Daher wird die exakte Wiederholung solcher Versuche zu einer aufserordentlich schwierigen Aufgabe. Schon eine ganz exakte Angabe der Versuchsbedingungen ist oft beinahe unmöglich.

Eine Konsequenz dieser Erkenntnifs wäre, dafs in einem mikroskopischen Probirglase, in einer mikroskopischen Retorte, in einem mikroskopischen Kölbchen von einer gewöhnlichen chemischen Reaktion kaum die Rede sein kann. Liebreich[2]) sagt sehr kurz, dafs „eine bestimmte Gröfse“ der Zellenräume dazu gehört, falls nicht ein andersartiger, dem normalen gegenüber gewissermafsen degenerativer chemischer Vorgang stattfinden soll.

Was ein gewissermafsen degenerativer chemischer Vorgang sein

[2]) Monatsber. d. Akad. d. Wiss., Berlin 1889, S. 196.

soll, ist nicht verständlich, jedenfalls erscheint aber unsere Annahme, welche zu den ersten Worten vollkommen pafst, zulässig, dafs nämlich im mikroskopischen Protoplasma es stets Räume giebt, wo den thatsächlich sehr starken physikalischen Einflüssen gegenüber eine chemische Massenwirkung nicht zur Geltung kommen kann und doch intensive chemische Reaktionen stattfinden. Wo aber im Protoplasma keine chemische Massenwirkung existirt, kann das Streben nach chemischem Gleichgewicht nicht vorhanden sein. Die wichtige Formel von Guldberg und Waage $k_1 p_1 q_2 = k_2 p_2 q_1$, das Gesetz der chemischen Massenwirkung, welches nicht nur induktiv aus der Empirie, sondern auch deduktiv aus der mechanischen Wärmetheorie abgeleitet ist, darf dann für den spezifischen Chemismus des Protoplasma nicht gelten.

Dieses Gesetz läfst sich am kürzesten folgendermafsen aussprechen.

Wenn p_1 und p_2 die relativen Mengen der freien Basen, q_1 und q_2 die Mengen der beiden entstehenden Salze in Molekulargewichten und k_1 und k_2 von der Verwandtschaft der Basen und Säuren zu einander abhängige Konstanten bezeichnen, so kann die Kraft, mit welcher die beiden entgegengesetzten Reaktionen sich zu vollziehen streben, durch

$$k_1 p_1 q_2 \text{ und } k_2 p_2 q_1$$

ausgedrückt werden. Das Hauptgesetz der chemischen Massenwirkung wird dann durch die Formel

$$k_1 p_1 q_2 = k_2 p_2 q_1$$

ausgedrückt, das heifst: Jede der beiden entgegen stehenden Reaktionen strebt sich mit einer Intensität zu vollziehen, welche der relativen Menge der betheiligten Stoffe oder der Anzahl ihrer Moleküle proportional ist, und Gleichgewicht tritt bei demjenigen Mengenverhältnifs ein, bei welchem die entgegengesetzten Kräfte gleich grofs werden.[3])

Dafs nun dieses Gesetz für lebendes Protoplasma nicht durchweg gelten kann, beweist die mikroskopische Kleinheit der gerade den intensivsten Stoffwechsel zeigenden Protoplasmagebilde und die beispiellose Veränderlichkeit aller Protoplasma-Materie.

So verschieden gegenwärtig die Ansichten der besten Beobachter in betreff der Natur des Protoplasma sind, darin stimmen ohne Zweifel alle überein, dafs das Protoplasma, gleichviel ob es in der frei im

---

[3]) Horstmann, „Theoretische Chemie" 1885, S. 407.

Wasser lebenden Amöbe oder in dem frei im Blutplasma zirkulirenden Leukocyten, in dem trägen Bindegewebskörperchen oder in dem strömenden Zellinhalt eines Staubfadenhaares, in dem sich lebhaft bewegenden Cholerabacillus oder in dem Eikern, in der Ganglienkugel oder in der Drüsenzelle lebt, höchst komplizirt ist, nicht, wie man früher meinte, homogen, nicht ein „schleimartiger", ein „eiweifsartiger" oder überhaupt ein Stoff ist, sondern gerade durch seinen Stoffwechsel, wie durch seinen Kraftwechsel und Formenwechsel sich auszeichnet.

Das Protoplasma ist keine chemische Verbindung — dieses noch besonders begründen wollen, wäre heute eine Trivialität — es ist auch kein einfaches Gemenge von chemischen Verbindungen, so lange es athmet, assimilirt, sich bewegt, sich entwickelt — denn eine arbeitende Maschine nennt man nicht ein einfaches Gemenge der Verbindungen oder Elemente, aus denen sie konstruirt ist, oder die sie aufnimmt und von sich giebt — es ist auch kein Gemisch von chemischen Verbindungen — denn man erkennt leicht in den meisten Fällen im Protoplasma heterogene Theile, auch abgesehen vom Kern, von Vacuolen, von differenzirten Anhangsgebilden — es ist überhaupt kein Gebilde, welches bei der mechanischen oder Elementaranalyse konstante relative Mengen der in ihm präexistirenden Substanzen oder des aus ihm darstellbaren Kohlenstoffs, Stickstoffs, Wasserstoffs, Phosphors, Schwefels, Calciums u. s. w. lieferte, sondern es ist inkonstant zusammengesetzt. Aber es hat eine Netzstruktur. Man kann es ein höchst komplizirtes Gemenge oder eine Art Emulsion nennen, wenn man den mit diesem Worte bezeichneten Begriff möglichst weit fafst und durch die Bestimmung vervollständigt, dafs auch im freien, kernlosen, membranlosen, noch an keinem Punkte zu einer dauernden Differenzirung gelangten Protoplasma eine Netzstruktur oder, wie Bütschli es nennt, eine wabige Struktur vorhanden ist. Immer sind feste Theilchen in Flüssigkeit suspendirt, aber auch da, wo jeder Theil jedem anderen Theil physiologisch gleichwerthig erscheint und noch keine Spur von morphologischer Individualisirung vorhanden ist, weil abgetrennte Stücke sich wie das ganze verhalten,[4]) ist ein Maschenwerk nachweisbar.

Diese Architektur selbst ist an einem und demselben Objekte veränderlich, in ausgestreckten Pseudopodien unkenntlich, in halb eingezogenen sichtbar (Bütschli), von den oft kaum merklich wechseln-

---

[4]) M. Verworn, „Psycho-physiologische Protisten-Studien", Jena 1889.

den Verhältnissen der Umgebung abhängig, wie schon die stundenlang fortgesetzte Beobachtung von lebenden Protozoen und die Verschiedenheit des thätigen und ruhenden Drüsenzellenprotoplasma beweist. Und wenn auch die Anzahl der aus irgend einem beliebigen Protoplasma darstellbaren chemischen Elemente kaum ein Dutzend übersteigt, so ist doch die Anzahl der Verbindungen dieser Elemente in ihm unübersehbar, weil diese Verbindungen selbst variabel sind.

Das charakteristische Merkmal des Protoplasma ist eben seine chemische und morphologische Veränderlichkeit, welche aber für jede an bestimmte Aufsenverhältnisse angepafste Protoplasma - Art immer wieder zum Theil zu denselben Stoffwechsel-Endprodukten, z. B. Kohlensäure, führt und darum unbeschadet der sonstigen Impressionabilität auch für diese Stoffwechselprozesse voraussetzen läfst, welchen etwas gemeinsam sein mufs.

Wenn aber unermefslich viele, im höchsten Grade veränderliche Substanzen, namentlich Albumine, von denen einige im Protoplasma nachgewiesen sind, ungezählte Jahrtausende hindurch nicht die geringste Neigung zu chemischem Gleichgewicht oder zum Uebergange in stabile Verbindungen zeigen, so lange das Protoplasma lebt, also jeder chemischen Empirie Hohn sprechen, wenn in unzähligen Variationen eine stets ohne gleichen reaktionsfähige und doch im Sinne der theoretischen Chemie völlig charakterlose Materie ungezählte Generationen hindurch erhalten bleiben kann, so liegt darin ein voller Beweis, dafs etwas anderes als gewöhnliche chemische Reaktionen in ihr, in dem lebenden Protoplasma, bis heute vorhanden gewesen ist und dafs keine Aussicht besteht, jemals jene Eigenthümlichkeit durch solche zu erklären.

Insbesondere das Fehlen von chemischem Gleichgewicht beweist das Fehlen von Massenwirkung bei den spezifischen Prozessen zweifellos. In dem lebenden Protoplasma in der Zelle tritt die Massenwirkung zurück, welche in allen chemischen Reaktionen stets die Tendenz hat, chemisches Gleichgewicht zu stande zu bringen. Und wenn man etwa einwenden wollte, dafs zur Beendigung der Reaktionen, und damit zur Herstellung von chemischem Gleichgewicht und von stabilen Verbindungen, welche nicht blofse Exkrete und Gerüstsubstanzen sind, vielleicht nur die nöthige Zeit fehle, da ein kontinuirliches Strömen von Zelle zu Zelle die neu gebildeten Substanzen zu schnell weiter führe, so ist klar, dafs von Zelle zu Zelle, — ja bei der Zeugung von Organismus zu Organismus — immer wieder neue Zeit gegeben ist und dafs in den ungeheuren Zeiträumen, seit-

dem überhaupt Protoplasma existirt, das chemische Gleichgewicht längst erzielt sein müfste. Aber es kommt nicht zur Ruhe, wie etwa bei der Gesteinsbildung. Im Gegentheil, das Protoplasma hat im Laufe der Entwicklung der Pflanzen und Thiere an Empfindlichkeit und Zersetzlichkeit noch zugenommen.

Denn die chemische Labilität des Protoplasma im Wirbelthiergehirn ist noch gröfser als die der Infusorien, der Chemismus jenes an noch speziellere Bedingungen gebunden, als dieser.

Man mufs hierbei nie aufser Acht lassen, dafs das Protoplasma thatsächlich unsterblich ist. Mögen noch so viele äufsere Schädlichkeiten noch so viele Individuen in noch so kurzer Zeit in anorganisches Material verwandeln, also tödten, immer bleibt der Stamm am Leben. Durch das Ei, durch den Samenfaden, auch durch die Produkte der ungeschlechtlichen Selbsttheilung (wenn es eine solche ohne vorherige Berührung zweier protoplasmatischer Gebilde giebt) werden physiologische Eigenschaften der ältesten lebenden Wesen alle Generationen hindurch vererbt. Es giebt aber keine Vererbung ohne einen materiellen Träger. Der einzige Träger erblicher Eigenschaften ist das Protoplasma, also mufs es viele Millionen Generationen hindurch sich erhalten haben. Und dafs keine Aussicht auf seine gänzliche Vernichtung vorliegt, ist durch die strenge Gültigkeit des Gesetzes von der Erhaltung des Lebens[5]) bewiesen.

In jeder einzelnen Generation, bei jeder einzelnen Funktion jedes Individuums ist es aber allemal die Veränderlichkeit des Protoplasma, ist es sein Stoffwechsel, seine Assimilation und Dissimilation, welche immer mit denselben wenigen organischen Elementen, fort und fort in unabsehbarer Folge, im höchsten Grade komplizirte chemische Synthesen und Umsetzungen ermöglicht. Es klingt paradox, ist aber kaum anders auszudrücken:

Das Beständige am Protoplasma ist seine Veränderlichkeit. Seine unvergleichliche Labilität kann durch die chemische Affinität, durch die Substitutionstheorie, durch die Theorie der Massenwirkung schlechterdings nicht verständlich gemacht werden, wenn auch noch so viele wohlcharakterisirte Verbindungen aus dem Protoplasma dargestellt, d. h. zum Theil ohne Zweifel erst durch den Akt der Darstellung erzeugt werden und sogar die zeitweise Ersetzung des einen Elementes durch ein anderes ohne Unterbrechung der Lebensthätigkeit erzielt worden ist.

---

[5]) Preyer, „Das Gesetz von der Erhaltung des Lebens". Naturwissenschaftliche Wochenschrift von Potonié. Berlin 1891, 8. März.

Wie kann man denn einen solchen Chemismus überhaupt zu verstehen hoffen? Fast scheint es, als wenn der Begriff des Protoplasma überhaupt ein unerfaſslich zerflieſsender sei. Glücklicherweise jedoch giebt es eine nicht ganz geringe Anzahl von Thatsachen, welche zu dem Versuch einer Lösung des Problems ermuthigen. Der am meisten versprechende Weg scheint uns der, die Art und Weise des Zustandekommens von komplizirten Synthesen und Umsetzungen, welche mitunter als „anomale Reaktionen“ bezeichnet werden, zur Vergleichung heranzuziehen und das diesen und den Protoplasma-Umsetzungen etwa Gemeinsame aufzusuchen.

Es gehören dahin besonders gewisse sogenannte Kondensationen, überhaupt physiologisch allzuwenig beachtete Synthesen vermittelst dritter im Endprodukte nicht enthaltener Körper. „Leitet man z. B. Methylchlorid durch das Gemisch des Aluminiumchlorids mit Benzol, so bildet sich unter Entwicklung von Salzsäure wesentlich Durol oder Tetramethylbenzol. Toluol liefert bei gleicher Behandlung Dimethylbenzole, Trimethylbenzole, Tetramethylbenzole, Pentamethylbenzol und Hexamethylbenzol. . . . Welche Rolle das Aluminiumchlorid bei diesen komplizirten Reaktionen spielt, wissen wir nicht.“[6])

Daſs aber noch viel komplizirtere Synthesen bei Gegenwart von sogenannten Kondensationsvorgängen und zwar mit lohnender Ausbeute, also nicht als Nebenreaktionen, im chemischen Groſsbetriebe ausgeführt werden, dafür ein Beispiel: Behandelt man Dimethylanilin bei Gegenwart von Aluminiumchlorid mit Phosgen, so entsteht Tetramethyldiamidobenzophenon. Dieser Körper läſst sich weiter durch Zusatz von Kondensationsmitteln mit anderen Basen kondensiren, z. B. mit Phenyl-α-Naphtylamin, und es resultirt dann das α-Naphtyltetramethyltriamidotriphenylcarbinol, eine Base, deren Zinkdoppelsalz das Viktoriablau ist, ein hochgeschätzter Baumwollenfarbstoff. Bei vielen Kondensationen aber sind die Reaktionen so komplizirt, daſs man völlig im unklaren über dieselben ist.

Die Chemie hat sich bis jetzt resignirt dabei begnügt, einige wenige und zwar sehr bedenkliche und sich widersprechende Reaktions-Gleichungen (Friedel und Crafts, Gustavson) für einige einfache derartige Kondensationen aufzustellen, ohne auch nur einen Versuch, sich über die ganz besonderen Bedingungen und damit über die besonderen Kräfte bei solchen Kondensationen, die mit der chemischen Affinität in keiner Weise gedeckt werden können, Klarheit zu verschaffen.

[6]) Roscoe-Schorlemmer, Ausführliches Lehrbuch, 1886, IV, S. 11.

Schwefelsäure, bei der die besonders starken Nebenreaktionen, welche mit der Kondensation nicht das Geringste gemein haben, komplizirtere Verhältnisse anzeigen, soll hier nicht speziell in Betracht gezogen werden, zumal diese Säure auch jetzt selten zur Farbstoff-Kondensation benutzt wird. Allein infolge ihrer lösenden Kraft, abgesehen von dabei auftretenden chemischen Reaktionen, müssen starke Nebenwirkungen entstehen, hat doch selbst für „ganz indifferente" Lösungsmittel Menschutkin nachgewiesen, dafs dieselben fälschlich als indifferent bezeichnet werden, da die Reaktionen mit der chemischen Natur solcher Lösungsmittel stets unzweifelhaft im Zusammenhange stehen.

Kondensationsmittel wie Chlor- und Bromaluminium, Chlorzink, Natriumdisulfid, Phosphorsäureanhydrid zeigen nun zwei, allen gemeinsame, charakteristische Eigenschaften:

1. sie gehören alle zu den im höchsten Grade wasseranziehenden Substanzen;
2. sie sind im wasserfreien Zustande von gröfster Porosität.

Da nun allen porösen Körpern die Hygroskopie eigen ist, mufs eine Beziehung zwischen diesen beiden Eigenschaften vorhanden sein.

Zur Vergleichung mit den vorhin besprochenen Kondensationen möge noch eine und zwar wohl die einfachste solcher unerklärlicher Umsetzungen, die von der chemischen Industrie gefunden sind, dienen, nämlich das von Oxland 1847 angegebene Verfahren zur Chlordarstellung durch Hindurchleiten von gasförmiger, getrockneter Chlorwasserstoffsäure und trockener Luft durch erhitzte Ziegelsteine. Hierbei ist unzweifelhaft die wirksame Substanz der dritte poröse Körper, dessen Wirkung durch Imprägniren mit Metallsalzen, vor allem Kupfervitriol, wie Deacon später lehrte, sehr erhöht werden kann. Da nun der Deaconsche Prozefs erst bei einer Temperatur von mehr als 200° beginnt und bei dieser Temperatur Kupfervitriol in den wasserfreien Zustand übergeht, worauf hier wohl zum ersten Male aufmerksam gemacht wird, so ist auch bei dieser einfachen aber erstaunlichen chemischen Umsetzung ein im höchsten Grade wasseranziehender und höchst poröser Körper die wirksame Substanz.

Welcher Art sind nun die Kräfte, die diese starken Umsetzungen selbst bei den stabilsten Verbindungen hervorzurufen im stande sind?

Nach Bunsen beträgt die Spannung in feinen Wasserhäutchen an Glasröhrchen hunderte von Atmosphären, woraus sich z. B. die überaus starke Absorption und Kondensation von Kohlensäure in

solchen Häutchen erklärt. Nach Joulin wird Ammoniak von Holzkohle mit einer Spannung von 246 Atmosphären absorbirt.

Demnach ist wohl selbstverständlich, dafs sogenannte Kontaktwirkungen, wie z. B. die Reaktion zwischen einer Holzkohle, die Chlor absorbirt hat, und dem im Dunkeln zugeführten Wasserstoff durch die starken Spannungen, und damit Kondensationen, in den theils kapillaren, theils sehr unebenen und dadurch mit einer sehr grofsen Oberfläche versehenen Räumen der Holzkohle eingeleitet wird und die Reaktion in diesen Räumen vor sich geht.

Analog ist ohne Zweifel die oft diskutirte Wirkung des Platinmohrs. Auf dem höchst porösen oder fein vertheilten Platin verdichten sich leicht Gase, namentlich atmosphärische Luft, Wasserdampf u. s. w., und der atmosphärische Sauerstoff wird dadurch aufsergewöhnlich reaktionsfähig und in einen aktiven sogenannten allotropen Zustand übergeführt.

Allen diesen Reaktionen und Umsetzungen gemeinsam ist nun, dafs kapillare Räume in sehr porösen dritten Körpern vorhanden sind und in diesen starke Kondensationen reaktionsfähiger Substanzen stattfinden. Es ist also die Möglichkeit, sogar die Wahrscheinlichkeit — wir können für einzelne Fälle schon sagen die Nothwendigkeit — einer intensiven chemischen Aktion, welche mit der Gröfse der Spannung in Beziehung stehen mufs, in allen gegeben.

In den kapillaren Räumen kann nur von einer bestimmten Gröfse an ein gewöhnlicher chemischer Vorgang ablaufen, weil unterhalb einer bestimmten, experimentell bestimmbaren Gröfse keine Massenwirkung möglich ist. Massenwirkung ist nur möglich, wo Massen möglich sind, also von einer bestimmten Anzahl von Molekülen an. Solche wahrhaft kapillaren Räume, wo die Moleküle sich nicht bis zu der für das Zustandekommen einer gewöhnlichen chemischen Reaktion nothwendigen Anzahl anhäufen können, schliefsen eine Massenwirkung, ein chemisches Gleichgewicht aus, und sie gerade sind das Feld für die wahren Kondensationen, für die intensivsten chemischen Umsetzungen, für Selbstzersetzungen. Hier finden an Stelle der groben Massenreaktionen die subtilsten individuellen Reaktionen statt, so möchten wir sie nennen. Hier begegnen sich nicht grofse Heerscharen von Molekülen mit den entsprechenden Partialdrucken, hier findet vielmehr lebhafter Einzelkampf kontinuirlich statt, Spaltung der Moleküle, sowie sie in den Bereich der in heftiger Konkurrenz um ihre Verwandtschaften begriffenen Atome kommen. Kein Ausgleich der gesamten vorhandenen Atomenergie, kein Maximum der Entropie

ist möglich. Dagegen treten andere innere Beziehungen, z. B. zwischen der Steighöhe, also der Steigkraft, und dem Molekulargewicht in ihre Rechte. Eine Unzahl von wirklichen chemischen Verbindungen fällt als todtes Material aus dem ununterbrochen vor sich gehenden mit den bekannten vorhin aufgezählten fünf ersten Begleiterscheinungen verbundenen Chemismus heraus, während von dem zugetretenen Material immer nur ein ganz bestimmter durch die Affinität bedingter Antheil zur Verarbeitung, zur Spaltung und Synthese gelangt.

Aber von der chemischen Massenreaktion im Probirglas, in der Retorte, im Kolben ist diese individuelle chemische Reaktion total verschieden. Hier ist eine ganze Reihe von physikalischen Bedingungen von dem gröfsten Einflusse, welche dort gleichgiltig sind, wie z. B. die Anwesenheit oder Abwesenheit des Lichtes, das Schwanken der Temperatur um Bruchtheile eines Grades, die gröfsere oder geringere Elastizität der Gefäfswandung, die Erschütterung und anderes mehr, was bei Massenreaktionen sich kompensirt, bei individuellen aber nicht.

Die ganze vorgetragene Anschauung läfst sich nun vollständig auf den Chemismus im lebenden Protoplasma anwenden. In diesem findet sicher nicht ausschliefslich ein chemischer Massenumsatz, sondern vornehmlich die im höchsten Grade individualisirte chemische Reaktion statt, weil die mikroskopische Kleinheit seiner Räume es zu einer Massenreaktion nicht kommen läfst. Das oft kaum durch die stärksten Vergröfserungen wahrnehmbare System wandungsloser Kapillaren des Netzwerks im Protoplasma, welch letzteres zuerst in einer Reihe vorzüglicher Untersuchungen Karl Frommann kennen gelehrt hat, die Lücken und kleinsten Vakuolen mit den oft auffallend dauerhaften, oft auffallend veränderlichen Spalträumen, sie sind als der eigentliche Sitz des chemischen Umsatzes im Protoplasma, und damit in den Organismen überhaupt, zu bezeichnen. Auch wenn nicht kapillare Röhren in jedem Protoplasma als doppelt konturirte Streifen erkannt werden können — das allgemeine Vorkommen solcher mufs ausgeschlossen werden — ist es doch undenkbar, dafs nicht wandungslose, alle gewöhnlichen Kapillaren an Feinheit übertreffende Kanäle und Spalträume in jedem Protoplasma vorhanden seien, welches eine Netzstruktur erkennen läfst. Und dafs es kein Protoplasma ohne solche giebt, ist fast allgemein anerkannt. Dafs bei den durch zahlreiche Beobachter in erfreulichster Uebereinstimmung ermittelten Kerntheilungsfiguren, bei den in embryonalen wie in entwickelten, in thierischen wie in pflanzlichen, in gesunden wie in pathologisch ver-

änderten Geweben beobachteten Veränderungen des feineren Baues der Protoplasmen allemal die Existenz feinster Kapillaren, Vacuolen oder kapillarer Spalträume im höchsten Grade wahrscheinlich ist, kann nicht bestritten werden. Denn die differente Beschaffenheit der festen und flüssigen Theile des Kerns, der Kernmembran, des hyalinen Saumes oder gar der Zellmembran selbst schliefsen die Möglichkeit aus, als wenn trotz des konstanten Vorhandenseins einer Netzstruktur innerhalb eines beliebigen Protoplasmagebildes Homogeneität vorhanden sein könnte. Aehnlich wie im grofsen, z. B. in der Leber, wandungslose Gallenkapillaren zwischen den Zellen verlaufen, mufs man sich vorstellen, dafs im kleinen in den Zellen selbst wandungslose Kapillaren, die mit einander in Verbindung stehen, den Austausch der assimilirbaren Stoffe mit den löslichen Bestandtheilen des Zellenleibes vermitteln. Dabei übt die Zellmembran, und wo diese fehlt, schon die durch die Berührung mit dem umgebenden Medium nothwendig sich verändernde oberflächlichste Schicht des Protoplasma einen rein physikalischen elektiven Einflufs aus auf die eintretenden und die austretenden Stoffe. Wäre es anders, dann müfsten alle im Wasser sich entwickelnden Eier untergehen und die bekannten Gesetze der Diosmose unanwendbar sein, wozu kein Grund vorliegt. Vielmehr ist es wahrscheinlich, dafs bei jedem protoplasmatischen Gebilde gerade durch die oberflächlichste Schicht oder Haut eine gewisse Klasse von Stoffen angesogen wird, um dann in die protoplasmatischen Kapillaren hinein zu gelangen, und eventuell Quellung, Turgor u. a. zu veranlassen, während eine gewisse Anzahl von chemisch in den Binnenräumen veränderten Substanzen an dem Austritt verhindert wird, so dafs Wachsthum und Vermehrung durch Theilung bei überflüssiger Nahrung die nothwendige Folge ist, weil bei der durch solche Jntussuszeption, Imbibition und Assimilation herbeigeführten Massenzunahme über eine gewisse Grenze hinaus die Bedingung für die individuellen Prozesse, Kleinheit des ganzen Raumes und daher Abwesenheit der Massenwirkung, in Fortfall kommen mufs.

Die Untersuchungen von W. Pfeffer über die Plasmahaut, die Vakuolen, den Aggregatzustand des Plasma und über osmotische Vorgänge[7]) in ihm verleihen, ebenso wie eine grofse Zahl von Detailbeobachtungen der besten Mikroskopiker, unserer Anschauung starke Stützen.

---

[7]) Abhandl. der K. Sächs. Gesellsch. der Wiss. XVI, 2, 1890.

Aber die Nothwendigkeit kapillärer Räume im Protoplasma selbst für das Zustandekommen des ganzen Chemismus ist bisher nicht hervorgehoben worden. Sie sind die Stätte der fundamentalen chemischen Lebensprozesse, der Kohlensäurebildung, der Albuminbildung, der Sauerstoffzehrung. Die in jedem Protoplasma, so lange es lebt, vorhandenen Strömungen müssen zum grofsen Theil eben durch die nur in jenen möglichen individuellen Druckunterschiede bei den individuellen Reaktionen verursacht werden. Der osmotische Druck kann bekanntlich im Plasma mehrere Atmosphären erreichen, während der Gegendruck kaum eine übersteigt.

Es ist also zum mindesten eine sehr wahrscheinliche Hypothese, wenn wir als die nothwendige Grundlage für alle protoplasmatische chemische Thätigkeit, somit für alle Lebensprozesse, das konstante Vorhandensein von kapillaren Räumen in jedem Protoplasma hinstellen, weil es in ihnen zur Massenwirkung nicht kommen kann und die Einzelwirkungen sich summiren müssen.

So wichtig der Zellkern nachgewiesenermafsen in vielen Fällen auch für den Stoffwechsel ist, durch die sich häufenden Beobachtungen an kernlosen Theilstücken wird doch seine Unentbehrlichkeit für den Ablauf der Stoffwechselvorgänge widerlegt. Namentlich kann der Wachsthumsprozefs nicht mehr auf eine Kernthätigkeit oder gar eine Zellhautthätigkeit zurückgeführt werden. Dagegen sind beide ohne Frage von dem gröfsten Einflufs auf die Erhaltung einer gewissen Art des Chemismus in den kapillaren Räumen. Schon bei den einfachsten osmotischen Vorgängen durch eine einzige dünne Membran ist bekanntlich die Natur der Membran, die Temperatur, die Konzentration der Lösungen und noch eine Reihe von physikalischen Einflüssen bestimmend für das Endergebnifs. Wenn nun durch die Kombination von Anpassung und Vererbung Kern und Membran bestimmte dauernde Eigenschaften erhalten haben, so kann man sich sehr wohl vorstellen, dafs sie beide viel mehr als Regulatoren für den Ablauf der Assimilation und Dissimilation des Protoplasma in ihnen Bedeutung haben, wie als Generatoren. Wo beide fehlen ist auch der Stoffwechsel noch ebenso, wie jede Differenzirung, ungeregelt. Je mehr aber der eine wie der andere Theil durch Gewöhnung an immer dieselben äufseren Verhältnisse, dieselben Salzlösungen, Temperaturen, Druckgrade u. s. w. sich morphologisch individualisirt hat, um so mehr verliert ein solches Gebilde an Plastizität, und dann müssen in seinen Innenräumen die individuellen chemischen Reaktionen auch immer mehr in einer bestimmten Richtung stattfinden, als in jeder andern,

so dafs die Anpassungsfähigkeit immer geringer wird und schliefslich verloren geht. An ihre Stelle tritt dann nothwendig die spezifische Energie. Aber es bleibt doch in jedem Organismus noch eine so grofse Menge von nicht spezifisch differenzirtem Protoplasma übrig, welches namentlich in den Leukocyten und in den Geschlechtsprodukten zu jeder Funktion tauglich bleibt, dafs man das Protoplasma auch hier noch als eine Art „Mikrokosmus“ bezeichnen kann, sofern es eine unermefsliche Mannigfaltigkeit von Formen erzeugt und dadurch das unübersehbar differenzirte Leben an der Erdoberfläche im Gang erhält.

Keine Vorstellung hat vielleicht mehr die natürliche Entwicklung der physiologischen Chemie und damit die Einsicht in die Ursache der chemischen Verschiedenheit der Organismen und ihrer Keime und Eier gehemmt, als die stillschweigend gemachte Voraussetzung, dafs es möglich sei, die bei den gewöhnlichen Reaktionen der anorganischen und der organischen Chemie bewährten Grundsätze ohne weiteres auf die im kleinsten Raume meist bei ungleich niedrigeren Temperaturen und höheren Spannungen stattfindenden chemischen Vorgänge in der lebenden Zelle anzuwenden. Nur Pflüger hat (schon 1875) sich von dem Vorurtheil zum Theil freigemacht, indem er die „Selbstzersetzung“ der Moleküle im lebenden Protoplasma in ihr Recht einsetzte.

Aber noch scheint die Ansicht ganz allgemein zu herrschen, als wenn die chemische Verschiedenheit der lebenden Wesen auf der Verschiedenheit von chemischen Verbindungen und ungleicher Anordnung dieser in den Geweben beruhe. Dafs es sich so nicht verhalten kann, ist schon ohne die in diesem Aufsatze dargelegte an sich zur Widerlegung ausreichende Deduktion, auf allgemein gültige Weise nachweisbar.

Wenn nämlich[8]) beispielsweise die Verschiedenheit eines Säugethiers und eines Vogels in chemischer Hinsicht auf der Verschiedenheit der aus ihren Körpern darstellbaren chemischen Verbindungen oder deren Anordnung beruhte, dann müfste auch die Verschiedenheit zweier Säugethier-Arten, -Abarten, -Spielarten, ja auch zweier Individuen derselben Art darauf beruhen; es müfsten im Ei, aus dem sich ein Hahn entwickelt, nothwendig andere chemische Verbindungen enthalten sein, als in dem, welches ein Huhn liefert, und jedes Paar Eier, aus dem ein Paar Hühner ausschlüpft, müfste nothwendig un-

[8]) Preyer, Elemente der allgemeinen Physiologie, 1883, S. 152 ff.

gleiche chemische Verbindungen enthalten, denn schon keine zwei eben ausgeschlüpfte Hühnchen sind kongruent. Wollte man aber an dieser Folgerung festhalten, so würde man den ganzen aufgestellten Grundsatz widerlegen; denn eine chemische Verbindung ist im Sinne der Chemie stets — theoretisch wenigstens — darstellbar, mufs also mehr als ein einziges Mal vorkommen können, sonst ist sie keine chemische Verbindung. Lebende Individuen, von denen niemals zwei sich so gleichen können, wie zwei Präparate einer und derselben chemischen Verbindung sich thatsächlich gleichen, müssen demnach, weil sie nur einmal existiren, durch etwas anderes, als etwa ungleiche chemische Verbindungen sich von einander unterscheiden.

Dieses andere kann in einer verschiedenen Anordnung etwa gleicher chemischer Verbindungen deshalb nicht gefunden werden, weil die Anordnung der chemischen Verbindungen selbst in jedem Einzelwesen fortwährend wechselt, sonst würde es nicht leben.

Also bleibt nichts anderes übrig, als die Konsequenz, dafs in jedem lebenden Wesen die Art, wie die chemischen Vorgänge in ihm, d. h. in seinem Protoplasma, ablaufen, ungleich ist. Sie ist ungleich deshalb, weil das Protoplasma, von allen Naturerzeugnissen bei weitem das impressionabelste, also von unmerklichen äufseren Umständen am meisten abhängige, wegen seiner, an entscheidender Stelle (in seinen Kapillaren) die Massenwirkung ausschliefsenden Kleinheit aufser stande ist, das eine Mal gerade so wie das andere Mal zu reagiren. So lange es eben nicht an genau dieselben, also niemals herstellbaren Aufsenbedingungen sich angepafst hat, sich gewöhnt hat, mufs es, wo es auch sei, individuell anders sich verhalten. Daher ist, auch wenn die Erblichkeit unter relativ wenig veränderten Aufsenbedingungen noch so stark zur Herbeiführung stabiler Zustände beiträgt, es doch unmöglich, dafs jemals zwei kongruente Individuen erzeugt würden. Sie müfsten ohne Protoplasma zu stande kommen, wie etwa zwei Feldspathkrystalle, von denen man sich wenigstens vorstellen kann, dafs sie sich durch nichts unterscheiden, als durch ihre Zweiheit.

Dafs aber kein lebendes Wesen ohne Protoplasma entsteht und kein Zwilling dem anderen so ähnlich ist, wie etwa ein Krystall dem anderen, bedarf keines Beweises mehr.

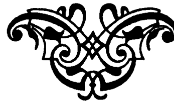
Wir haben daher, von der Richtigkeit dieser allgemeinen Ueberlegungen längst überzeugt, unsere Aufmerksamkeit viel weniger ihnen zugewendet, als den besonderen Konsequenzen der hier vorgetragenen Ansicht über das Wesen des Chemismus im lebenden Protoplasma und seine Abhängigkeit von der Natur der organischen Elemente, und

wir hoffen, demnächst experimentell[9]) zeigen zu können, dafs eine künstliche Nachahmung der im Protoplasma der Pflanzenzelle und der Thierzelle verwirklichten morphologischen Verhältnisse wenigstens bezüglich einiger biochemischer Prozesse in prinzipiell gleicher Weise dasselbe leistet wie der Organismus.

Von einer „Lebenskraft" bleibt dann auch in chemischer Hinsicht garnichts mehr übrig.

---

9) Einige der merkwürdigen Reaktionen, welche im physiologischen Laboratorium der Universität Jena Preyer und Krysinski ausführten, bilden einen der Ausgangspunkte (Sitzungsberichte der Jenaischen Gesellschaft für Medizin und Naturwissenschaft, 8. Febr. 1884).





Falbs kritische Tage.

Von Prof. J. M. Pernter in Innsbruck.

In dieser Zeitschrift wurde schon zu wiederholten Malen der Werth jener Wettervoraussage beleuchtet, welche in letzter Zeit von Falb eifrig betrieben wird und welcher der vorausgesetzte Mondeinflufs zu Grunde liegt. Es wird, nach all den Erörterungen hierüber, wohl vielfach von den Lesern dieser Zeitschrift wenig angezeigt erachtet werden, dafs man sie neuerdings mit einer längeren Auseinandersetzung über Falbs kritische Tage behellige, da doch der Raum dieser Blätter viel nützlicheren Dingen gewidmet werden könnte. Wenn ich es dennoch unternehme, diesen Gegenstand einer eingehenden Untersuchung zu unterziehen, so geschieht dies mit dem Bewufstsein, dafs ich verpflichtet bin, mit neuem Materiale und unter Gesichtspunkten, welche die Frage einer gedeihlichen Lösung entgegenführen können, eine streng exakte und zugleich allgemein verständliche Kritik der kritischen Tage zu geben.

Um dieser Anforderung gerecht zu werden, werde ich mich vorerst streng an das thatsächliche Moment halten, indem ich mich auf den Standpunkt stelle, abgesehen von jeder theoretischen Auffassung, schlechterdings die Thatsachen zu befragen, ob sie eine Bestätigung für Falbs kritische Tage liefern.

Da wirft sich vor allem die Frage auf: was ist als Bestätigung der kritischen Tage durch die Thatsachen anzusehen? Falb selbst lehrt in dieser Beziehung folgendes in seinem „Kalender der kritischen Tage 1891“ (S. 131):

„Als die Form, in welcher sich an solchen Tagen die atmosphärische Hochfluth äufsert und die als Charakteristik derselben betrachtet werden kann, ergaben sich nach vieljährigen Beobachtungen folgende Erscheinungen:

1. Häufung der barometrischen Minima oder Depressionen, Wirbelstürme und vermehrte Niederschläge im allgemeinen.

2. Gewitter im Winter oder zu Tageszeiten, in welchen sie selten sind (Nachts, Morgens).

3. Schneefälle im Sommer (im Hochgebirge) oder in Gegenden, wo sie sehr selten auftreten (Unteritalien, Südfrankreich, Nordafrika, Küste von Kleinasien).

4. Gewitter gleichzeitig mit Schneegestöber an demselben Orte.

5. Die ersten Gewitter im Frühjahre und der erste Schnee im Herbste.

6. Einbruch eines mit Wasserdampf gesättigten Südstromes in grofsen Höhen, der sich entweder durch plötzliches Thauwetter oder durch einen tiefblauen Himmel bei auffallend grofser Durchsichtigkeit der Atmosphäre verräth.

7. Kampf desselben mit einem sich ihm entgegenstellenden Nordstrome, charakterisirt durch Cirruswölkchen oder überhaupt durch Wolken, die eine grofse Neigung zur Bildung paralleler Streifen verrathen, groben, flockigen Lämmerwolken gleichen, und häufig eine gleichfalls parallele Querdurchfurchung aufweisen. Regenböen, Strichregen und häufiger Wechsel von Regen und Sonnenschein, ein sogenanntes „Aprilwetter“ erscheinen durch diese Charakteristik bedingt.

Je nach den herrschenden anderweitigen Zuständen und der vorausgehenden Wetterlage wird einer oder der andere dieser Punkte oder es werden deren mehrere zugleich zur Erscheinung kommen, wobei auch die Lage des betreffenden Ortes zur Fluthstrafse mafsgebend ist.“ So wörtlich Falb.

Sollte einer der Leser sich sagen: das ist ja die reinste Fopperei, da giebt es ja überhaupt kein Wetter mehr, wenn nicht eine oder die andere dieser Erscheinungen vorhanden ist, und auf diese Weise mufs ja immer auch am kritischen Tage eine der Erscheinungen wenigstens eintreffen, so mufs ich ihn bitten, die Sache näher anzusehen. Denn es wäre ja wohl möglich, dafs jede der aufgezählten Erscheinungen mit besonderer Vorliebe gerade an den kritischen Tagen auftritt, oder wenigstens, dafs die Häufung mehrerer derselben eben an den kritischen Tagen sich einstellt. Es wird gerade unsere Aufgabe sein, dies zu untersuchen an der Hand der Thatsachen.

Für diese Untersuchung giebt uns Falb aber noch zweierlei zu berücksichtigen; er sagt: „Was die Zeit anbelangt, zu welcher die atmosphärische Hochfluth sich in dieser Weise zu äufsern beginnt, zeigte es sich (ihm Falb) sehr bald, dafs eine Verfrühung von

zwei Tagen vor dem berechneten kritischen Tage nahezu die Regel bildet. Dies gilt von den theoretisch stärksten Fluthwerthen, während die schwächeren eine Verspätung von 2 bis 3 Tagen aufweisen."

Das soll heifsen, dafs wir bei der Untersuchung annehmen müssen, die kritischen Tage bewähren sich als das, als was sie Falb kennzeichnet, wenn die besagten Erscheinungen auch nicht gerade am kritischen Tage selbst sich geltend machen, sondern etwa ein oder zwei Tage vor den stärksten kritischen Tagen, oder ein oder zwei, ja selbst drei Tage nach den schwächeren eintreffen. Wir werden, um ja in Bezug auf den Spielraum der Zeit, den Falb beansprucht, nie zu engherzig zu erscheinen, jeden kritischen Tag auf zwei Tage vorher und zwei Tage nachher, also auf fünf Tage, sich erstreckend denken; den dritten Tag nachher, den Falb für die schwächeren kritischen Tage noch beansprucht, halten wir für eine übertriebene Forderung und da ihn Falb für die stärksten kritischen Tage nicht nach vorne verlangt, wo die Wirkung ja doch eine sehr starke ist und daher ihre Ausdehnung an Ort und Zeit viel wahrscheinlicher ist, so wird uns Falb schon zugeben müssen, dafs dieser dritte Tag nachher für die schwächeren kritischen Tage zu wenig begründet ist, als dafs wir ein Ereignifs, das an demselben eintritt, noch der Wirkung des drei Tage früheren schwachen kritischen Tages zuschreiben könnten. Ich glaube, Herr Falb wird geneigt sein, diesen dritten Tag nachher fallen zu lassen, sonst müfsten wir im Interesse der Gerechtigkeit auch einen dritten Tag vorher für die stärksten Tage verlangen. Nun ist es schon dagewesen, dafs schwächere kritische Tage als sehr stark wirkende sich „erwiesen haben" und starke als recht schwache. Wir sind aber durchaus nicht in der Lage, solch eigenthümliches Verhalten im Einzelfalle festzulegen, und so bleibt uns, um sicher zu gehen, zunächst nichts übrig, als allen kritischen Tagen eine Wirkungssphäre von gleicher Zeitdauer zu gewähren und alle zusammen in gleicher Weise zu untersuchen. Nehmen wir zwei Tage vor und zwei Tage nach, so sind dies fünf Tage; und da je zwei kritische Tage, wie wir bald sehen werden, durchweg nahe 15 Tage von einander abstehen, so erstreckt sich auf diese Weise die Wirkung jedes kritischen Tages ohnedies schon auf ein Drittel aller Tage; nehmen wir aber drei Tage vor und drei Tage nachher, so würde schon fast die Hälfte aller Tage, somit fast die Hälfte des Jahres und unseres Daseins überhaupt kritisch. Das dürfte aber für die Ausbreitung der Idee der kritischen Tage eine schwere Schädigung sein, und so rathen wir Herrn Falb, lieber nicht

zu weit zu gehen und den Bogen nicht zu straff zu spannen; ganz und gar nur im Interesse, Gläubige zu behalten.

Man hält dies vielleicht für Spott, — doch es ist in der That unser Ernst. Für unsere Untersuchung ist es nämlich ganz gleichgültig, wie weit Falb den Einfluſs eines kritischen Tages ausdehnen will, wenn er ihn nur nicht über die Hälfte der zur Verfügung stehenden Zeit ausdehnt. Denn wir werden in die Untersuchung ganz und gar ohne eine andere vorherige Annahme eintreten, als die, daſs, wenn es kritische Tage im Sinne Falbs giebt, dieselben nothwendig sich durch Anhäufung von Ereignissen auszeichnen müssen, sollen sie überhaupt noch von anderen Tagen zu unterscheiden sein. Wie weit sich zeitlich dieser Einfluſs erstreckt, das muſs dann aus der Untersuchung selbst hervorgehen.

Das zweite, was uns Falb zu berücksichtigen giebt, ist in den folgenden Worten enthalten (Kalender der kritischen Tage 1891 S. 132): „Es ist selbstverständlich, daſs die hier in Betracht gezogenen Wirkungen der Fluthkräfte im allgemeinen als sekundäre Miteinflüsse aufgefaſst werden müssen, welche bei schwächeren Fluthwerthen durch die in erster Linie von der Sonnenwärme abhängigen Witterungsfaktoren maskirt werden können, und sich daher mit gröſserer Wahrscheinlichkeit in ihren stärksten als in ihren schwächsten Phasen geltend zu machen vermögen.“

Das heiſst mit anderen Worten nichts anderes, als: trifft an kritischen Tagen nichts von all dem Vielen ein, was oben ihrer Wirkung zugeschrieben wurde, so beweist dies nichts gegen die kritischen Tage.

„Auf dieses durch die Natur der Sache bedingte Verhalten hat man zu achten, weil sonst das klare Gesetz durch eine träge Mechanik des Denkens und durch unlogische Untersuchungsmethoden leicht verwirrt und umdunkelt wird.“

Letztere Bemerkung ist gewiſs vielen wenig verständlich, wir hoffen sie in der Folge vollkommen klar machen zu können; zunächst besagt sie nur: wer die obigen Bemerkungen Falbs bei der Untersuchung über die kritischen Tage nicht berücksichtigt, dessen „Mechanik des Denkens“ ist träge und seine Methode ist unlogisch. Um uns zwei so schwere Fehler nicht nachtragen zu lassen, geben wir von vornherein die Erklärung ab, daſs wir Falbs Forderungen berücksichtigen. Was den Spielraum an Zeit für das Eintreffen der Ereignisse betrifft, so haben wir schon dargethan, daſs wir darin Falb volle Freiheit gewähren, ihn nach vorn oder nach rückwärts oder

nach beiden Seiten auszudehnen nach Belieben; wir werden die Untersuchung so einzurichten und zu führen haben, dafs unser Resultat selbst über die Grenzen der Ausdehnung dieses Einflusses unmittelbar Aufklärung giebt.

Was dann die Bemerkung betrifft, dafs ein Nichteintreffen in einzelnen Fällen nichts gegen Falb beweist, so geben wir dies ebenfalls ohne Wiederrede zu — das ist ja nur selbstverständlich. Nur wenn in der Mehrzahl der Fälle ein Nichteintreffen nachgewiesen wird, kann aus dem Nichteintreffen auf die Unrichtigkeit geschlufsfolgert werden.

Etwas Anderes aber scheint uns höchst bedenklich. Das Nichteintreffen einzelner Fälle beweist nämlich ebensowenig gegen, als das Eintreffen einzelner Fälle für Falb beweist. Uns scheint das eine so selbstverständlich wie das andere. Hier begegnen wir aber dem entschiedenen Widerspruche Falbs. Wir müssen infolge dessen die Ansicht Falbs über die Art und Weise, wie er sich die Beweisführung für die Richtigkeit seiner kritischen Tage denkt und vertheidigt, kennen lernen.

Von den ersten Anfängen der Entstehung seiner persönlichen Ueberzeugung, dafs der Mondeinflufs auf Wetter und Erdbeben thatsächlich vorhanden sei, hielt er es für die beste Methode, diesen Mondeinflufs zu erkennen, wenn er die Aufmerksamkeit, seine eigene und die anderer, durch eine Voranzeige für einen bestimmten — wie er sagt, nach der Fluththeorie „berechneten" — Tag, den er in der Folge als „kritisch" bezeichnete, fesselte. Das Eintreffen gewisser, oben schon genannter Witterungserscheinungen, Erdbeben, Grubengasexplosionen u. s. w. an einem solchen voraus bestimmten Tage wird dann natürlich auf die subjective Auffassung einen gewaltigen Eindruck machen, und es ist damit zweierlei erreicht: erstens entgeht es demjenigen, dessen Augenmerk schon von vornherein auf einen bestimmten Tag gelenkt ist, nicht, wenn an demselben bestimmte Ereignisse eintreten, zweitens ist die Wirkung dieses Eintreffens auf die subjective Auffassung, das heifst die subjective Beweiskraft, eine erhöhte. Trifft an dem vorausgesagten Tage nichts ein, so wirkt das wohl an und für sich im entgegengesetzten Sinne, allein Falb hat ja — und zwar ganz richtig — erklärt, dafs und warum ein einzelnes Nichteintreffen nichts gegen die kritischen Tage beweist. Ueberdiefs ist ein Nichteintreffen von vornherein möglichst ausgeschlossen worden, indem ja sogar Cirruswolken, andere Wolken in durchfurchter Anordnung, Strichregen, Aprilwetter, Thauwetter, ja sogar ein

tiefblauer Himmel als Erscheinungen, die für die kritischen Tage beweisend sein sollen, aufgezählt werden. Ein Nichteintreffen in einzelnen Fällen beweist mir zwar nichts gegen Falbs Anschauung, das Eintreffen aber soll nach Falb gerade durch die einzelnen Fälle volle Beweiskraft für dieselbe besitzen. Am decidirtesten hat Falb diese seine Auffassung in einem Vortrage ausgesprochen, den er am 3. November 1888 im Gewerbevereinssaale in Wien hielt.[1]) Nachdem er an einigen Beispielen gezeigt hatte, dafs an verschiedenen kritischen Tagen besonders auffallende Witterungserscheinungen eingetroffen sind, fuhr er folgendermafsen fort: „Man sage nicht: das sind einzelne Fälle; hier beweisen eben einzelne Fälle. Wer in Betracht zieht, dafs diese ungewöhnlichen Erscheinungen, die nur höchst selten eintreffen, gerade an einem kritischen Tage eingetroffen sind, wer die Spannung und Erwartung berücksichtigt, der mufs, wenn er ein Gefühl für Wahrscheinlichkeit besitzt, die Beweiskraft anerkennen. Es beweisen da allerdings einzelne Fälle".

Das besondere Gewicht, das Falb noch aufserdem auf die Voraussage legt, hat er in seinen Schriften wiederholt hervorgehoben und bringt er neuerdings in seinem Kalender der kritischen Tage 1891 zum Ausdruck: „Aufserdem sind" — sagt Falb — „wo es sich um persönliche Ueberzeugungen handelt, Voraussagungen die besten Pioniere der Theorien. Denn die subjective Beweiskraft eines bestimmten Falles ist überhaupt gröfser, wenn derselbe vorangezeigt, als wenn er hinterher in das Beweismaterial einbezogen wird, weil die Spannung bei Erwartung eines an sich unwahrscheinlichen Ereignisses uns das Verhältnifs von Für und Wider viel schärfer und richtiger zum Bewufstsein bringt, als dies das nachstehende Raisonnement zu leisten vermag".

Im Sinne dieser Auffassung über die Beweisführung für die kritischen Tage hat denn auch Falb stets seine Beweise erbracht.

In seinen „Umwälzungen im Weltall" führte er diesen Beweis schon im Vorworte. Er hatte „als Probe seiner (Falbs) meteorologischen Theorie für den 24. bis 26. Februar desselben Jahres (1877) Wintergewitter ankündigen" können. Sechs Seiten hindurch (S. XIV bis XIX) ziehen sich die Atteste, dafs seine Voraussagung einge-

[1]) Dieser Vortrag ist meines Wissens nicht in Druck erschienen, obwohl die Zeitungen seine Drucklegung angezeigt hatten. Ich habe demselben beigewohnt und eilte dann sofort nach Hause, wo ich ihn aus dem Gedächtnisse niederschrieb. Ich kann garantiren, dafs der Sinn ohne Ausnahme genau ist und dafs gröfstentheils selbst Falbs Worte gebraucht sind.

troffen. Diese Atteste sind durchweg Zeitungsberichte, welche die „subjective“ Beweiskraft nicht nur durch ihre Häufung (sie beziehen sich alle auf den einen Fall Falbscher Voraussage) sondern noch besonders durch die in diesen Berichten wiederholte Erklärung, dafs Falbs Ansichten durch diese Thatsachen Bestätigung finden, zur Geltung bringen.

Im selben Buche bedient er sich der gleichen Beweisführung noch auf S. 126 bis 132. Er zählte einzelne kritische Perioden aus den Jahren 1876 und 1877 auf, an welchen sich seine Ansichten durch die eingetroffenen Witterungsverhältnisse bewahrheitet haben sollen. Er greift dann in die Vergangenheit zurück, und entnimmt derselben wieder einzelne Tage in den Jahren 1832, 1874, 1875 und 1877, um an denselben die Richtigkeit seiner „meteorologischen Theorie“ zu beweisen. Den stärksten „subjectiven“ Beweis bringt er aber offenbar auf S. 132 ff., wo er nachweist, dafs das Jahr 4000 vor Christus die stärksten „Fluthconstellationen“ hatte und infolge desselben fordert er für dasselbe die gröfsten Niederschläge und Ueberschwemmungen. Das soll nun wohl die Zeit der Sintfluth erklären!

Die subjective Wirkung durch diese „grofsartige Anwendung auf die entfernten Jahrtausende“ kann nicht ausbleiben.

Ganz ebenso verfährt er auf S. 258 ff. in Bezug auf das Eintreffen von Erdbeben und Vulkanausbrüchen zur Zeit von „Hochfluthconstellationen“. Dem „subjectiven“ Momente der Beweiskraft wird dabei durch eine lebhafte Schilderung des Selbsterlebten und besonders des Ausbruches des Aetnas am 29. August 1874 Genüge gethan.

Dieser Beweismethode ist Falb auch in seinen späteren Schriften stets treu geblieben. So in seinen Wetterbriefen, wo er aus den Jahren 1852, 1853, 1854, 1855 das Eintreffen charakteristischer Wettererscheinungen für mehrere „Hochfluthperioden“ nachweist, und dann besonders die Periode der Ueberschwemmungen von 1882 auf die gleiche Weise zur Darstellung bringt. Stets wird, um der „subjektiven“ Beweiskraft ihr volles Gewicht zu geben, für jede „Hochfluthperiode“ eine Anzahl Berichte mitgetheilt, die durch ihre Häufung und die Unmittelbarkeit der erlebten Schilderungen einen erhöhten Eindruck hervorrufen müssen.

Noch ausführlicher wendet Falb diese seine „Beweis“-Methode in seiner Schrift „Das Wetter und der Mond“ an. Auf S. 33 bis 46 zählt er wieder einzelne Fälle aus den genannten fünfziger Jahren auf und ergänzt sie dann für die Winter-Gewitter durch Fälle aus

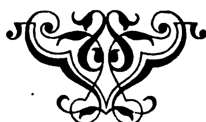
den Jahren 1874 und 1875. Diese Aufzählung setzt er für „vorangezeigte Fälle von Winter-Gewittern“ fort auf S. 51 bis 56 aus dem Jahre 1877 und reiht daran „Zeugnisse aus der Südhemisphäre“ für das Jahr 1832. Er läfst dann auf S. 59 bis 68 „noch einige Stichproben“ aus den Jahren 1882, 1883, 1885 und 1886 folgen, immer in der schon erwähnten Weise.

Für die Jahre 1889, 1890 und 1891 gab Falb bekanntlich einen „Kalender der kritischen Tage“ heraus. Da ist im Kalender 1889 ein grofser Theil und in dem für 1890 der gröfste Theil dieser „Beweis“-führung gewidmet. Im Kalender für 1890 ist die Witterungsgeschichte der „Hochfluth“periode um den 12. Juli 1889 auf den S. 5 bis 79 geschildert und zwar von S. 11 ab nach lauter Zeitungsberichten. Weniger ausführlich behandelt Falb die übrigen kritischen Tage des Jahres 1889 auf S. 101 bis 109. Im Kalender 1891 wendet er sich mehr dem Erdbeben zu.

Ich hoffe durch diese, wohl etwas trockene Aufzählung dargethan zu haben, dafs Falb in der That seine oben dargestellte Auffassung von der Beweisführung überall selbst festgehalten und dafs er nie den Versuch gemacht hat, eine andere Methode anzuwenden, um die Richtigkeit seiner „meteorologischen Theorie“ darzuthun.

Mit der Richtigkeit oder Unrichtigkeit dieser Beweisführungs-Methode steht und fällt daher das, was Falb bewiesen haben will, d. h. seine „meteorologische Theorie“ und seine „kritischen Tage“.

(Fortsetzung folgt.)





Die Wellenbewegung des Meeres.

Bezugnehmend auf unser Titelbild, welches einer trefflichen Sammlung von Aufnahmen des ligurischen Küstensaumes durch den bekannten Photographen Noack in Genua entnommen ist, wollen wir uns hier etwas allgemeiner über den Wogengang und die Brandung des Meeres verbreiten.

Wie die kräuselnde Bewegung des Wasserspiegels durch den ungleichen Druck der Windstöfse zu stande kommt, dürfte unseren Lesern aus den Lehrbüchern der Physik bekannt sein; wir wollen uns deshalb mit diesem Gegenstande nicht näher befassen, sondern sofort auf die Art der Bewegung eingehen, welche ein isolirtes Wassertheilchen, ein sogenannter „Wellenfaden“, bei der Wellenbildung beschreibt.

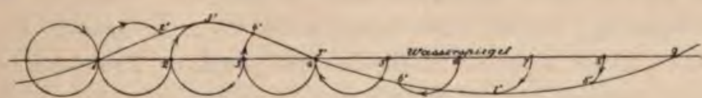
Es kann nicht überraschen, dafs uns bezüglich der Einzelheiten bei diesem Vorgange noch manches zu erforschen übrig bleibt. Das Belauschen der Natur beim Wogenspiele hat ja seine besonderen Schwierigkeiten. Es ist der analytischen Kunst gelungen, die Wanderungen der Himmelskörper den genausten Rechnungen zu unterziehen, für die Wanderungen des Tropfens in der Meereswoge dagegen hat aller Scharfsinn kaum eine vollkommene Theorie zu begründen vermocht, obwohl sich seit Newton die ausgezeichnetsten Köpfe mit diesem Probleme beschäftigt haben.[1] Erst durch praktische Versuche sind wir dem Verständnifs um etwas näher gerückt, und wir verdanken diese Versuche namentlich den beiden deutschen Gelehrten Ernst und Wilhelm Weber, den französischen Forschern Dubuat und Emy, dem deutschen Wasserbauingenieur Hagen, sowie den Engländern Scott und Russel. Die Untersuchungen der Gebrüder Weber (1825) haben uns wenigstens einen sehr einfachen Fall der

[1]) Aufser Newton selbst haben sich Laplace, Lagrange, Bernoulli, Biot, Poisson und andere hervorragende Mathematiker mit der Theorie der Wellenbildung befafst.

Wellenbildung klar gelegt, sie haben gezeigt, dafs infolge einer Erschütterung des Wasserspiegels — etwa durch einen anprallenden Windstofs — die Flüssigkeitstheilchen in der Oberflächenschichte geschlossene, nahezu kreisförmige Bahnen zurücklegen.

Bei ihren Versuchen bedienten sie sich einer aus Glastafeln gebildeten Wellenrinne. Dem darin befindlichen Wasser wurden kleine Bernsteinkörnchen beigemengt, welche bei gleichem spezifischen Gewicht mit dem Wasser — wo sie auch hingebracht wurden — in jeder Tiefenlage ungestört verharrten. Wurde nun eine künstliche Wellenbewegung erzeugt dadurch etwa, dafs man eine vermittelst einer Röhre aufgesaugte Wassersäule wieder hinabsinken liefs, so gaben die durch das Mikroskop beobachteten Verschiebungen der Bernsteinstückchen eine Vorstellung von der Bewegungsart eines isolirten Wassertheilchens bei der Wellenbildung.

In dieser Weise gelang es den Gebrüdern Weber zu zeigen, dafs die Bahnen der oberflächlichen Theilchen aus Kreisen bestehen, dafs bei zunehmender Tiefe die Schwingungslinien mehr und mehr in



Ellipsen übergehen, deren senkrechte Durchmesser kleiner und kleiner werden, und dafs bei der hundertfachen Tiefe gegenüber der Wellenhöhe endlich eine Bewegung des Wassertheilchens erreicht wird, so dafs es nur noch wagerecht hin- und hergehen, also nur geradlinige Horizontalschwingungen ausführen kann.

Hiervon ausgehend, können wir eine Anschauung von dem Vorgange der Wellenbildung gewinnen. Richten wir zu diesem Zweck unsere Aufmerksamkeit auf die beistehende Figur, welche ein sogenanntes „Wellenprofil" vorführt. Es seien 1, 2, 3 u. s. w. bis 9 gleich weit von einander entfernte Wassertheilchen auf der Oberfläche eines anfänglich ruhigen Meeres. Nun komme ein Wellenzug von links. Das Wassertheilchen 9 ist noch in der Ruhelage, 8 ist durch die Welle schon um $^1/_8$ seiner Kreisbahn nach unten und ein wenig nach links der Welle entgegengezogen und hat die neue Lage 8′ erreicht. Theilchen 7 hat zur selben Zeit bereits $^2/_8$ oder $^1/_4$ seiner Kreisbahn vollendet und befindet sich im Wellenthale bei 7′. Theilchen 6 hat dieses Thal bereits passirt, es hat $^3/_8$ seiner Kreisbahn zurückgelegt und ist nach 6′ gelangt. Theilchen 5 endlich hat $^4/_8$ oder den halben Kreisumfang durchlaufen und demnach wieder das mittlere Niveau

erreicht. Die folgenden Elemente gehören dem Wasserberge an, ihre jeweiligen Lagen sind wohl unmittelbar aus der Zeichnung verständlich. Verbindet man nun die verschobenen, gleichzeitig bestehenden Lagen der Theilchen 1, 2′, 3′ u. s. w. bis 9′ durch einen zusammenhängenden Kurvenzug, wie es in der Figur geschehen ist, so springt die Wellenform desselben sofort in die Augen.

Vorstehendes läfst sich unmittelbar auf die Meereswogen anwenden, nur findet hier eine geringe Vorwärtsbewegung der Wassertheilchen mit dem Winde statt, weil dieser auf die ihm zugekehrten Abhänge der Wellenberge stärker einwirkt als auf die abgekehrten. Dadurch erhalten die Wellenfäden in Wirklichkeit eine von der Kreisbahn etwas abweichende Form, sie gehen in eine sogenannte Zykloide oder besser Trochoide über.

Auch darüber haben die Gebrüder Weber Versuche angestellt, bis in welche Meerestiefen sich die schwingende Bewegung fortpflanzen kann. Eine Oberflächenwelle soll sich noch in Tiefen bemerklich machen, die etwa das 350fache ihrer Wellenhöhe betragen. Ist dem so, so würde schon geringer Wogengang genügen, um die verhältnifsmäfsig seichte Nord- und Ostsee bis zum Grunde hin aufzuwühlen. Allein zum Glück für das vielgestaltete Thierleben nimmt die Stärke dieses Wirbeltanzes mit zunehmender Tiefe sehr schnell ab.

Das Schauspiel einer erregten See braucht nicht immer im Vereine mit Sturmstöfsen genossen zu werden. Wer sich jemals auf offenem Meere längere Zeit aufgehalten hat, der weifs, dafs es daselbst Wellen giebt, die bei ganz ruhigem Wetter auftreten. Diese, vom herrschenden Winde unabhängigen Wellen nennt der Seemann „Dünung“ oder auch die „hohle See“, während die eigentlichen, von lokalem Winde aufgeworfenen Wogen in der Sprache des Nautikers als „Seen“ bezeichnet werden. Die Dünung, entweder Vorläufer oder Nachfolger von Stürmen in entfernter liegenden Regionen des Oceans, ist nichts anderes als der kräftig erregte Pulsschlag eines Meeresabschnittes, der nicht unmittelbar vom Sturme heimgesucht wurde, aber die Erregung aus einem Sturmgebiete mitgetheilt erhält. Sie bietet besonders bei mäfsiger Brise ein höchst überraschendes und prächtiges Schauspiel dar. Man sieht aus der sanft welligen, gekräuselten Meeresfläche selten hohe, aber um so regelmäfsigere, weit ausgezogene Wellen, denen die überschäumenden weifsen Kämme fast ganz fehlen, den mit dem Winde segelnden Schiffen entgegenkommen und weifs sich diese unruhige, wogenreiche See bei so schwachem Luftzuge anfangs kaum zu erklären. Das Fahrzeug schaukelt dabei

gewaltig hin und her und wird von der überall anprallenden Dünung von der einen auf die andere Seite geworfen. Noch interessanter gestaltet sich dieses Meeresschauspiel in dem freilich seltenen Falle, wo die Dünung von verschiedenen Seiten her eintritt. Man sieht dann die breiten Dünungswellen sich langsam nähern, im Momente der Berührung hebt sich plötzlich der Durchschnittspunkt der Wellenberge zu gröfserer Höhe empor, worauf jede der beiden Wogen ihren alten Weg weiter zieht. Der Seemann bezeichnet ein derartiges Phänomen als „Kreuzsee", als „verworrene See" oder als „Kappelung".

Während im offenen Ozeane die Erscheinungen sich in der geschilderten Weise offenbaren, erkennt man in der Wellenbewegung an Küsten die Folgen von Hindernissen, welche sich der freien Wogenentfaltung entgegenstellen. Es entsteht so das schöne und überwältigende Phänomen der Brandung, das unser Titelbild zur Darstellung bringt. Je nach der Beschaffenheit des Ufers ist dieser Vorgang sehr verschieden.

An Flachküsten erklärt man gemeinhin diese schäumende Brandung als eine Folge der Reibung des bewegten Wassers am Boden der seichten Küsten, wenngleich — wie Hagen gezeigt hat — hier auch noch andere Umstände mitspielen können. Hierdurch wird nämlich eine Verzögerung der unteren, kreisförmig rotirenden Wassertheilchen bewirkt und somit ein Ueberstürzen der oberen Theilchen, der Wellenköpfe veranlafst. Das Wasser wird von der, durch das Umrollen der Wellen eingeschlossenen Luft leicht durchbrochen und in Schaum verwandelt. Hauptschauplatz der Brandung sind daher lang hingestreckte Sand- und Dünenküsten mit sanft abfallendem Meeresboden.

An Steilküsten, Vorgebirgen, isolirten Felsen und Leuchtthürmen stellt sich der Brandungsvorgang weit grofsartiger dar als an Flachküsten. Mit gewaltigem Getöse drängen die Wellenberge an den Felspanzer, bäumen sich auf, kriechen wie weifse Schlangen hoch an den blank gescheuerten Wänden hinauf und brechen dann donnernd in sich selbst zusammen. Wenn eine solche Klippenbrandung noch den Sturm zu ihrem Verbündeten nimmt, so erhebt sie sich zu gewaltigen Höhen, und zwar um so energischer, je tiefer das Meer daselbst ist. An den isolirten Fels Pietro di Stromboli bei der Vulkaninsel gleichen Namens soll nach Spalanzani die anprallende Wassermasse 90 m hoch anschlagen. Ebenso ist es mit jener majestätisch emporschiefsenden Wassermasse, welche während der Stürme den Leuchtthurm von Eddystone am westlichen Ausgange des Aermel-

Kanals ganz einhüllt. Der Gischt reicht hier oft bis zu den Laternen. Wie gewaltig unter Umständen der Wogenprall werden kann, zeigen die Messungen des engl. Wasserbau-Ingenieurs und berühmten Erbauers von Leuchtthürmen, Thomas Stevenson. Er fand mit Hülfe von Dynamometern, dafs an der Ostküste Schottlands und am Bell-Rock Leuchtthurme der Quadratmeter nahe 17 000 kg Druck aufzunehmen hat.

Dafs die Brandungswoge in ihrer Eigenschaft als Trägerin eines so gewaltigen Mafses von Energie auch tief eingreifende geologische Wirkungen hervorbringen kann, ist leicht zu ermessen. An den starren Fundamenten der Felsküsten vermag sie freilich das Gefüge der Felsen nicht so leicht zu zersprengen. Aber im immerwährenden Kampfe gelingt es dem feindlichen Elemente gleichwohl, sichtbare Spuren seiner zerstörenden Thätigkeit zurückzulassen. Gleich unzähligen Sturmböcken werden jahraus - jahrein die kleinen Rollsteine gegen die Felswand geschleudert, wühlen dieselbe aus, so dafs sie mit der Zeit überhangend wird und, dem Gesetze der Schwere folgend, schliefslich in sich zusammenstürzt. Hierfür liefern namentlich die wellengepeitschten Küsten der Bretagne und Schottlands zahlreiche Beispiele. Zu den Küsten, welche durch eine furchtbare Brandung berüchtigt sind, gehört diejenige von Madras in Vorderindien und die äquatoriale Westküste von Afrika, wo die Brandung mit dem Spezialnamen „Kaléma“ bezeichnet wird.

Wir wollen jetzt noch eine andere Wellenbildung kennen lernen, die von der bisher geschilderten sehr verschieden ist.

In abgeschlossenen Meeresbecken, Golfen und Baien, sowie auch auf den grofsen Binnenseen der Alpen sind regelmäfsige, sehr ausgedehnte Niveauschwankungen beobachtet worden, die durchaus nicht den fortschreitenden Charakter und das Gepräge der gewöhnlichen Meereswellen an sich tragen. Auf dem Genfer - See z. B. sind seit langer Zeit Aufwallungswogen bekannt, welche, 30—40 Minuten andauernd, sich bis zu 2 m erheben und rasch wieder verschwinden, ohne dafs man eine so greifbare Ursache wie etwa den Sturmwind für ihre Entstehung angeben könnte. Auf dieser klassischen Heimstätte der binnländischen Seenphysik hat namentlich der schweizer Physiker Forel umfassende Beobachtungen gemacht und in zahlreichen Fällen solche plötzlichen Wogenaufwallungen wahrgenommen, die unter dem Namen „Seiches“ in der Wissenschaft bekannt sind Später sind die Seiches am Vierwaldstätter-, am Boden - See, an den

amerikanischen, schwedischen und endlich auch an den grofsen mecklenburgischen Seen beobachtet worden.

Man hat dieses rhythmische Auf- und Abwallen der Seen mit „stehenden Schwingungen“ der Wassermasse in Verbindung gebracht. Es ist dies eine ganz andere Bewegungsart, als sie die fortschreitenden Wellen des Meeres darbieten. Denn bei dieser werden die schwingenden Theilchen nach und nach in Bewegung gesetzt, bei den stehenden Wellen dagegen beginnen und vollenden alle Wassertheilchen gleichzeitig ihre Bewegung. Man kann leicht einem schlaff gespannten, an einem Ende befestigten Seile eine solche stehende Wellenbewegung mittheilen, indem die direkt erzeugte Welle sich mit der am Befestigungspunkt reflektirten zu dieser Schwingungsart vereinigt.

In entsprechender Weise, meint Forel, kämen auch die Seiches zu stande, nämlich durch Interferenz der direkten und der an den Uferrändern kleinerer Wasserbecken reflektirten Wellen. Als Ursachen der primären Welle bezeichnet Forel eine ganze Reihe meteorologischer Faktoren, namentlich plötzlich sich vollziehende Veränderungen des lokalen Luftdruckes, welche ja gleichzeitig ein örtliches Steigen oder Fallen des Wasserspiegels nach sich ziehen müssen.

Auch in den Meeresbecken kommen solche den Seiches der Seen analoge Wellenbewegungen vor. Das merkwürdige Spiel der Strömungen in der engen Strafse des Euripus zwischen der Insel Euböa und dem griechischen Festlande hat seit etwa 2000 Jahren die Aufmerksamkeit der Naturforscher beschäftigt, und nach einer Sage soll Aristoteles, untröstlich darüber, das Geheimnifs wechselvoller Strömungen nicht entwirren zu können, in den strudelnden Wogen jener Meeresstrafse seinen Tod gesucht haben. Dieses vielumstrittene Problem der Meereskunde ist jetzt durch Forel der Lösung näher gebracht, indem er zeigte, wie diese Strömungen als eine kombinirte Wirkung der Seiches im Golfe von Talanti und der Gezeiten des ägäischen Meeres aufzufassen seien.

Andere mit den Seiches verwandte Aeufserungsformen der Wellenbewegung sind aus den Gebieten des Mittelmeeres bekannt. So ist wahrscheinlich das an der West- und Süd-Küste Siciliens von Trapani bis Syrakus unter dem Namen „Marrobbio“ bekannte Ueberfluthungsphänomen der dortigen Küsten, welches im schwächeren Grade auch in Malta und Algier beobachtet wird, nichts anderes, als eine daselbst zeitweilig veranlafste Aufwallung des Meeres in Form stehender Schwingungen.

Eine ebenfalls auf stehende Schwingungen zurückführbare Wellenbewegung ist die der kantabrischen Küste eigenthümliche „Resaca“. Den Seefahrern des baskischen Gestades ist die Gefährlichkeit dieser Resaca vollauf bekannt, sie hat sich erst unlängst während des Karlistenkrieges gezeigt, wo mehrere Schiffe des spanischen Geschwaders durch einen plötzlichen Meeresschwall, der in mancher Beziehung an die Samoakatastrophe erinnert, zu Grunde gingen.

Auch in unseren nordischen Meeresbecken macht sich zeitweilig eine plötzliche Störung des ozeanischen Gleichgewichtes bemerkbar, z. B. das von den Küstenbewohnern der Ostsee mit dem sonderbaren Namen „Seebär“ bezeichnete Wellenphänomen[2]). Der Seebär in der Nacht vom 16. auf den 17. Mai 1888 erregte ja ein gewisses Aufsehen, insofern damals von ungewöhnlichen Ueberfluthungen des Küstenstriches zwischen Travemünde und Rügen berichtet wurde.

Das wären etwa die hauptsächlichsten Aeufserungsformen der Wellenbewegung des Meeres, wenn wir von den Gezeiten und den seismischen Fluthwellen absehen. Schw.



Die Untersuchungen von v. Helmholtz über Wogen und Wind.

Dem ersten unter den gegenwärtig lebenden Naturforschern sind aus Anlafs seines 70ten Geburtstages (31. Aug. d. Js.) begeisterte Huldigungen aus allen Teilen der Welt dargebracht worden. Da die Tagespresse Gelegenheit genommen hat, auf die Bedeutung der vielseitigen Ergebnisse hinzuweisen, welche ein halbes Jahrhundert rastloser Thätigkeit eines genialen Mannes zu fördern wufste, so erscheint es fast unnöthig, das an dieser Stelle noch einmal zu thun. Hingegen möge uns vergönnt sein, eine besondere Gruppe von neueren Untersuchungen kurz zu besprechen, durch welche Helmholtz, der überall, wo er forschte, auch fand, das Gebiet der Meteorologie bereichert und die Lehre von den Flüssigkeitswellen, besonders auch nach der Seite der exakten mathematischen Behandlung gefördert hat.*)

Das Gesetz von der Erhaltung der Energie, dieser berühmte Gegenstand Helmholtzscher Untersuchungen, führt auf ein meteorologisches Räthsel: Die Erscheinung der Passate liefert den Nachweis

[2]) Siehe „Himmel und Erde“, Jahrg. I., Seite 356: „Fluthwellen in der Ostsee und an den Küsten deutscher Kolonialgebiete“.

*) Die Untersuchungen sind hauptsächlich dargestellt in 3 Abhandlungen, welche während der letzten 3 Jahre in den Sitzungsberichten der Königl. Akad. d. Wiss. zu Berlin erschienen sind.

dafür, dafs sich vom Aequator aus in nördlicher und südlicher Richtung Verschiebungen gröfserer Luftmassen vollziehen. Es läfst sich nun zeigen, dafs, wenn ein Luftquantum hierbei die ihm innewohnende lebendige Kraft beibehält, zwischen ihm und der Erdoberfläche relative Bewegungen (Rotationen) von einer Geschwindigkeit stattfinden müssen, welche bereits bei einer Verschiebung von 20 bis 30° diejenige der heftigsten Stürme übersteigt. Der Verlust an lebendiger Kraft, auf welchen das Ausbleiben solcher Stürme hinweist, läfst sich nun nicht durch eine Reibung zwischen Atmosphäre und Erdoberfläche erklären. Berechnungen, welche auf Laboratoriumsversuchen über die Gröfse der Luftreibung basiren, führen zu dem Ergebnisse, dafs die Geschwindigkeit einer horizontal bewegten Luftschicht von 8026 m Höhe erst in 42747 Jahren durch die Reibung auf die Hälfte ihres Anfangswerthes herabsinken würde. Der angegebene Betrag für die Dicke der Luftschicht giebt uns dabei an, wie hoch die Atmosphäre sein würde, wenn die Dichtigkeit der Luft überall dieselbe wäre wie an der Erdoberfläche und der Luftdruck 760 mm betrüge. Bei der in Wirklichkeit stattfindenden Vertheilung der Luft auf einen viel bedeutenderen Raum mufs der Einflufs der Reibung noch bei weitem geringer sein. — Ueber diese Berechnung selbst möge hier nur bemerkt werden, dafs sie sich auf das Prinzip der mechanischen Aehnlichkeit von Bewegungen stützt. Man kann diese Methode, deren Anfänge sich schon bei Newton finden,*) als eine Verallgemeinerung der Schlufsweise ansehen, welche in der geometrischen Aehnlichkeitslehre angewendet wird, nur dafs hier aufser den räumlichen Gröfsen auch die physikalischen, Dichtigkeit, Reibungsfactor u. s. w. in einem gewissen Verhältnifs verändert werden müssen.

Der oben dargestellte Widerspruch löst sich durch eine eingehende Untersuchung über das Gleichgewicht zwischen Luftschichten von verschiedener Dichte und Temperatur, welche die Erde mit verschiedener Geschwindigkeit umkreisen. Das Endergebnifs gipfelt darin, dafs die wesentlichste Hemmung der Circulation der Atmosphäre durch eine sehr bedeutende Vergröfserung der sich reibenden Grenzflächen solcher Luftmassen zu stande komme, insofern diese letzteren einander theilweise durchdringen, also nicht mehr eine glatte, sondern eine gewellte oder wirbelförmige Grenzfläche haben. Die Betrachtung der Grenzfläche zwischen zwei mit verschiedener Geschwindigkeit strömen-

*) In einfacher und fafslicher Weise wird von dem Prinzip Gebrauch gemacht bei Mach, die Mechanik in ihrer Entwickelung, Cap. II, 2.

den Luftmengen führt nun, wenn wir uns die Dichtigkeit in weitestem Sinne veränderlich denken, dazu, auch die Grenze zwischen bewegter Luft und Flüssigkeit in Betracht zu ziehen. Bevor wir auf die bedeutsamen Ergebnisse hinweisen, welche der gemeinsamen Behandlung dieser Probleme entspringen, sei uns noch eine Bemerkung über die Grundlage der Berechnung gestattet. In der letzten Abhandlung werden die verwickelten Berechnungen dadurch einfacher gefafst, dafs der Inhalt an potentieller und kinetischer Energie bei den beiden Flüssigkeits- (Luft)schichten in Betracht gezogen wird. Es erinnert das an bekannte Sätze aus der Statik, denen zufolge sich z. B. stabiles und labiles Gleichgewicht (ein Kegel, der an seiner Spitze aufgehängt ist, bezw. auf derselben steht) dadurch unterscheiden, dafs die potentielle Energie im ersteren Falle ein Minimum, im zweiten ein Maximum ist. Ist nun auch eine allgemein gültige Umwandlung dieses Prinzips für Probleme des Gleichgewichts bewegter Körper*) bis jetzt nicht möglich, so ergiebt sich doch für den vorliegenden Fall, dafs das Vorhandensein stationärer (d. h. gleichmäfsig fortschreitender, gleichförmiger) Wellenzüge geknüpft ist an die Bedingung, dafs die Differenz zwischen potentieller und kinetischer Energie ein Minimum sei. Ist sie ein Maximum, so befindet sich das System im labilen Zustande, die Grenzfläche ist nicht beständig, die Wogen überschlagen sich. Die Beziehungen zwischen Windgeschwindigkeit und Wellenlänge, welche sich aus den Rechnungen ergeben, sind von v. Helmholtz mit Beobachtungen verglichen worden, welche er selbst am Cap d'Antibes angestellt hat. Am interessantesten ist indefs die oben erwähnte Parallele, welche zwischen Flüssigkeits- und Luftbewegungen gezogen wird. Da ergiebt sich zunächst die Möglichkeit von Wellen im Luftmeere; denselben mufs indefs eine viel gröfsere Wellenlänge zukommen als den Wasserwellen. Für die Beispiele, welche Herr v. Helmholtz mit Hülfe der mechanischen Aehnlichkeit durchrechnet, ergeben sich Wellen von 2 bis 30 km Länge; also Wellen, welche „schon das ganze Firmament des Beschauers bedecken können, und den Erdboden nur noch in einer Tiefe, die kleiner als die Wellenlänge ist, unter sich haben, also den Wellen in seichtem Wasser zu vergleichen sind, die das Wasser am Grunde schon erheblich in Bewegung versetzen."

*) Der Ausdruck Gleichgewicht ist hierbei in etwas anderem Sinne zu nehmen wie bei statischen Problemen; ein Beispiel bildet das Gleichgewicht einer sich drehenden Flüssigkeitsmasse, welches bekanntlich dann vorhanden ist, wenn dieselbe die Form eines Rotations-Elipsoides — wie unsere Erde — hat.

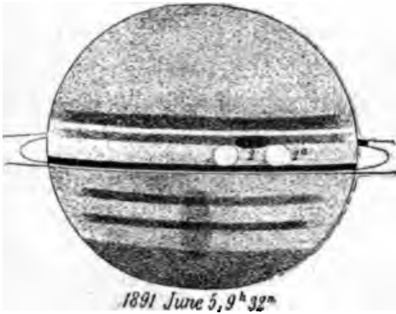
Der letzere Umstand wird es bisweilen möglich machen, auf das Vorhandensein solcher Wellen zu schliefsen; die Erscheinung des böigen Wetters, bei der man einen häufigen Wechsel der Windstärke, aufeinander folgende Windstöfse mit Regenschauern wahrnimmt, läfst sich in dieser Weise deuten. Häufig aber werden uns diese Wellen direkt sichtbar werden, nämlich dann, wenn die untere der beiden an einander vorbeiströmenden Luftschichten mit Wasserdampf gesättigt ist. Bei jeder Erhebung der Luft und der hierbei eintretenden Abkühlung wird eine Nebel- und Wolkenbildung eintreten, und es werden sich in regelmäfsigen Abständen Wolkenstreifen parallel neben einander lagern. So ergiebt sich als das bedeutsamste Ergebnifs dieser Untersuchungen die lange gesuchte Erklärung der gestreiften Cirruswolken. Sp.



Die Saturnbeobachtungen im Frühjahr 1891 haben dem verdienten Planetenforscher Stanley Williams zu einer Neubestimmung der Umdrehungszeit des Saturn Gelegenheit gegeben. In der Aequatoreal-Zone des Planeten hat nämlich Williams, wie unsere, seinem Berichte[1]) entnommene, Abbildung zeigt, einige helle und dunkle Flecken entdecken können, aus deren öfterer Beobachtung die Rotationsdauer des Saturn zu 10 h 14,6 m ermittelt wurde, in sehr guter Uebereinstimmung mit Halls kürzlich publizirter Bestimmung (10 h 14 m 23 s 8), die sich auf die Beobachtung von Flecken stützt, welche im Jahre 1876 sichtbar waren. — Es ist in hohem Mafse bewundernswerth, dafs Stanley Williams, der nur mit einem $6^1/_2$-zölligen Spiegelteleskop beobachtete, im stande war, so feine Details der Saturnoberfläche, die sich für gewöhnliche Augen auch im kräftigsten Fernrohr nicht leicht wahrnehmen lassen, zu entdecken. Es liegt darin ein deutlicher Beweis, welche erstaunliche Schärfung des Sehens durch anhaltende Uebung erzielt werden kann. Im Anfange seiner Beobachtungsreihe (April 1891) konnte Williams noch keinerlei bestimmte Flecken wahrnehmen und erst Anfang Mai wurden die ersten dunklen und hellen Flecken mit Bestimmtheit erkannt. Später wurde das Auge für die Wahrnehmung geringster Helligkeitsunterschiede so geschult, dafs im ganzen nicht weniger als 10 helle Flecken entdeckt wurden, deren Aussehen mit dem der Jupitertrabanten beim Vorübergang vor der Jupiterscheibe in jenen Momenten verglichen wird, wo sich diese Trabanten in der hellen Umgebung der centraleren Theile Jupiters eben verlieren. Vor irrthümlichen, durch Voreinge-

[1]) Astron. Nachr. No. 3051.

nommenheit erzeugten Wahrnehmungen schützte sich Stanley Williams dadurch, dafs er während der Dauer der Beobachtungen keinerlei Berechnungen über die Zeit der zu erwartenden Wiederkehr einmal gesehener Flecken anstellte, sondern lieber ganz unbefangen in jeder klaren Nacht den Saturn in seinem Aequatorialgürtel sorgfältig nach Flecken irgend welcher Art durchforschte. Nachträglich stellte sich dann zur Genugthuung des Beobachters eine völlige Uebereinstimmung zwischen den in verschiedenen Nächten ausgeführten Zeichnungen und Messungen heraus.


1891 June 5, 9h 32m

Als allgemeines Ergebnifs seiner Untersuchung hebt Williams die Bestätigung der weitverbreiteten Ansicht hervor, dafs Saturn als nahe verwandt mit Jupiter zu betrachten sei und dafs sich darum ähnliche Flecken, wie die in diesem Jahr gesehenen, vermuthlich auch in den folgenden wieder zeigen werden. F. Kbr.



Der letztverflossene Sommer und das Wetter in den letzten 7 Jahren. Die Statistik hat nachgewiesen, dafs den sehr kalten Wintern in der Regel kühle Sommer folgen (vgl. diese Zeitschrift 1891 S. 300); auch in diesem Jahre hat sich diese Regel in hohem Grade bestätigt: der letzte Winter war sehr kalt und hatte eine ungewöhnlich lange Dauer und ebenso war der Sommer durch nafskaltes Wetter ausgezeichnet. Die folgende kleine Tabelle I enthält die Abweichungen der Monatstemperaturen von den Mittelwerthen in Graden Celsius, sowie die Abweichungen der Regenmengen für die Orte Brüssel, Hamburg und Neufahrwasser.

I. Abweichungen vom Normalwerthe
Dezember 1890 bis August 1891

a) Temperatur ° C.

		Brüssel		Hamburg		Neufahrwasser	
Dezember	1890	— 7.2	— 3.9	— 5.2	— 3.2	— 5.1	— 2.3
Januar	1891	— 3.4		— 3.3		— 1.7	
Februar	„	— 1.0		— 1.0		— 0.1	
März	„	— 0.6	— 1.2	— 0.7	— 0.6	+ 0.7	+ 0.2
April	„	— 2.5		— 1.9		— 1.2	
Mai	„	— 0.5		+ 0.9		+ 1.2	
Juni	„	— 0.4	— 1.5	— 1.2	— 0.9	— 2.6	— 1.0
Juli	„	— 1.3		— 0.2		— 0.1	
August	„	— 2.7		— 1.3		— 0.4	

b) Regenmengen (mm)

		Brüssel		Hamburg		Neufahrwasser	
Dezember .	1890			— 69		— 39	
Januar . .	1891			— 3	— 33	+ 24	+ 2
Februar . .	„			— 27		+ 20	
März . . .	„	+ 16		+ 35		+ 7	
April . . .	„	— 14	+ 9	+ 36	+ 21	— 1	+ 7
Mai . . .	„	+ 24		— 8		+ 14	
Juni . . .	„	+ 34		— 22		+ 44	
Juli . . .	„	+ 51	+ 23	+ 27	+ 19	+ 33	+ 22
August . .	„	— 14		+ 51		— 11	

An allen drei Orten ist die mittlere Wintertemperatur sehr niedrig, die Frühlingswärme ist im Westen zu gering und wird nach Osten hin nach und nach normal, während der Sommer allenthalben zu kühl ist. Die Regenmengen sind für den Frühling und den Sommer erheblich gröfser, als es dem Durchschnitte entsprechen würde, insbesondere hat der Sommer an allen drei Orten einen Ueberschufs der Regenmenge von 10 pCt.

In der Zeitschrift „Ciel et Terre" (1891 No. 12) findet sich für Brüssel eine Zusammenstellung der Abweichungen der Monatstemperaturen von den Mittelwerthen für den Zeitraum 1885—1891 (von Lancaster), welche wir in nachstehender Tabelle II wiedergeben:

II. Abweichungen der Temperatur
vom Mittelwerthe für Brüssel. °C. 1885—1891.

	1885	1886	1887	1888	1889	1890	1891	Mittel	Jahreszeiten
Januar . .	— 2.1	— 0.7	— 1.6	— 1.4	— 1.0	+ 3.5	— 3.4	— 1.0	Winter
Februar .	+ 3.3	— 3.6	— 1.1	— 4.6	— 2.1	— 2.2	— 1.0	— 1.6	— 1.4
März . . .	— 1.1	— 1.1	— 2.8	— 2.2	— 1.7	+ 0.9	— 0.6	— 1.2	Frühl.
April . . .	+ 1.0	+ 0.3	— 1.6	— 2.3	— 0.9	— 1.4	— 2.5	— 1.1	— 0.8
Mai . . .	— 2.3	+ 0.9	— 1.9	— 0.3	+ 2.8	+ 1.6	— 0.5	0.0	
Juni . . .	+ 0.4	— 1.3	0.0	— 0.1	+ 2.0	— 1.3	— 0.4	— 0.1	Somm.
Juli . . .	— 0.2	+ 0.2	+ 1.3	— 2.6	— 1.0	— 1.7	— 1.3	— 0.8	— 0.6
August . .	— 1.8	— 0.1	— 0.6	— 1.3	— 1.0	— 0.8		— 0.9	
September.	— 0.9	+ 2.0	— 1.5	— 0.8	— 1.0	+ 0.6		— 0.3	Herbst
Oktober. .	— 2.0	+ 1.6	— 2.9	— 1.9	— 0.7	— 0.7		— 1.1	— 0.4
November.	— 1.1	+ 1.5	— 0.8	+ 1.4	+ 0.4	— 0.1		+ 0.1	
Dezember .	— 0.6	— 0.4	— 1.2	+ 1.6	— 2.1	— 7.2		— 1.7	

Diese Tabelle zeigt die merkwürdige Thatsache, dafs der ganze Zeitraum 1885—1891 zu kalt ist, und zwar sind es unter 79 Monaten nur 15, welche den Mittelwerth mehr oder weniger übertreffen; alle andere erreichen denselben nicht. Diese Abkühlungen sind, wie die Durchschnittszahlen zeigen, nicht ganz unerheblich, namentlich in der

winterlichen Jahreszeit. Wir befinden uns also wirklich in einer Kälteepoche, welche ihr Ende noch nicht erreicht hat, wenigstens gilt dieses für Brüssel und dessen weiteste Umgebung. Dafs dieses auch für das nördliche Deutschland der Fall ist, geht aus nachstehender Tabelle III hervor, welche die Abweichungen der Jahrestemperatur vom 10jährigen Mittel der vorhergehenden Jahre für eine Reihe Stationen an der Deutschen Küste enthält, welche mir gerade zur Hand sind:

III. Abweichungen der Jahresmittel. ° C.

	1885	1886	1887	1888	1889	1890
Borkum	— 0.7°	— 0.5°	— 1.1°	— 1.4°	— 0.1°	— 0.5°
Kritum (Sylt)	— 0.4	— 0.3	— 0.6	— 1.1	+ 0.4	0.0
Hamburg	— 0.4	— 0.2	— 0.7	— 1.2	— 0.3	— 0.3
Kiel	0.3	— 0.2	— 0.5	— 1.1	— 0.3	— 0.3
Wustrow	— 0.2	— 0.3	— 0.6	— 1.4	— 0.3	— 0.2
Swinemünde	— 0.2	— 0.4	— 0.5	— 1.2	— 0.5	— 0.1
Neufahrwasser	0.0	0.0	— 0.1	— 1.3	— 0.5	+ 0.3
Memel	— 0.1	— 0.3	— 0.3	— 1.7	— 0.3	+ 0.6

Es ist nun sehr interessant, dafs auch die übrigen Elemente während jenes Zeitraumes gröfsere oder geringere Abweichungen zeigen, wie sie aus der Tabelle IV ersichtlich sind, welche ich nach Lancaster in abgekürzter Form wiedergegeben habe.

IV. Abweichung der Windrichtung
vom Mittelwerthe (auf 1000 Beobachtungen pro Monat).

	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Winter	+ 102	+ 223	+ 31	— 6	+ 42	— 270	+ 166	— 41
Frühling	— 2	+ 107	— 22	— 59	+ 30	— 36	+ 17	— 33
Sommer	+ 17	+ 123	— 14	— 42	— 3	— 35	— 36	— 1
Herbst	+ 20	+ 63	+ 35	— 47	— 5	— 38	— 24	— 14
Jahr	+ 137	+ 516	+ 30	— 154	— 74	— 388	— 209	— 89

Abweichungen vom Mittelwerthe

	Luftdr. mm	Bar.	Regenmenge	Gewittertage
Winter	+ 1.5	— 0.3	+ 11	— 0.2
Frühling	— 1.4	+ 0.3	+ 1	+ 2.3
Sommer	0.0	+ 0.3	+ 15	+ 2.8
Herbst	+ 0.3	+ 0.4	+ 27	+ 1.1
Jahr	+ 0.2	+ 0.2	+ 32	+ 6.0

Man sieht aus der Tabelle, dafs insbesondere die Nordostwinde seit 1885 entschieden häufiger, die Südwestwinde entschieden seltener geworden sind, ein Beweis dafür, dafs wir es mit einer veränderten mittleren

Luftdruckvertheilung hier zu thun haben, also ein häufigeres Auftreten von Hochdruckgebieten über dem nördlichen Europa. Dieser Kontrast zwischen der Häufigkeit der nordöstlichen und südwestlichen Winde tritt zu allen Jahreszeiten, aber besonders scharf im Winter hervor, so dafs hierdurch das Vorwalten von kaltem trockenem Wetter in dieser Jahreszeit erklärt wird. Die Südostwinde, welche der Vorderseite, sowie die Nordwestwinde, welche der Rückseite unserer Depressionen eigen sind, treten in allen Jahreszeiten zurück; während die Bewölkung nur geringe Abweichungen von den Mittelwerthen zeigt, weist der Luftdruck eine erhebliche Erhöhung im Winter auf und dieser entspricht die niedrige Temperatur in dieser Jahreszeit. Die Regenmenge ist im Winter gering, dagegen sehr reichlich im Sommer; ebenso ist die Gewitterhäufigkeit viel gröfser, als es im Durchschnitte vieler Jahre der Fall ist.

Jedenfalls haben wir hier einen sehr interessanten Fall vor uns, welcher zu weiteren Untersuchungen auffordert, um das Wesen und die Ursache dieser Erscheinung aufzuklären.

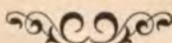
W. J. van Bebber.





Langenbeck, R., Die Theorien über die Entstehung der Koralleninseln und Korallenriffe und ihre Bedeutung für geophysikalische Fragen. Leipzig, 1890, Verlag von Wilhelm Engelmann.

Seitdem die Darwinsche Theorie der Entstehung der Korallen-Riffe und Atolle vielfach angegriffen worden ist, haben in jüngster Zeit die Geophysiker diesem, für die Erkenntnifs der Bodenschwankungen so wichtigen Forschungszweige wieder in erhöhtem Mafse Interesse entgegengebracht. Ein lebhafter Meinungsaustausch für und wider die Darwinsche Lehre hat sich namentlich in den Spalten englischer und amerikanischer Journale entwickelt. Die Litteratur über diesen Gegenstand ist überaus umfangreich geworden, so dafs es schwer fällt, den heutigen Standpunkt der Forschung auf diesem Gebiete ohne grofse Opfer an Zeit und Mühe zu überblicken. Die vorliegende Schrift von Langenbeck soll diesem Uebelstande durch eine zusammenfassende Darlegung aller einschlägigen, älteren und neueren Arbeiten über Korallenbauten abhelfen; aber sie bezweckt mehr, sie will auch zugleich die Hinfälligkeit der neueren Theorien von Murray und Guppy klarstellen und die Einwände entkräftigen, welche gegen die Darwin-Danasche Theorie von Semper, Rein, Pourtalès, Murray, Guppy und andern vorgebracht worden sind. Verfasser sucht zu zeigen, dafs sowohl die Murraysche Theorie der Sedimentanhäufungen wie die Guppysche Hebungstheorie mit zahlreichen, durch Beobachtungen sicher festgestellten Thatsachen im Widerspruche stehe, und nicht im stande sei, die Eigenthümlichkeiten im Bau zahlreicher Atolle und Barrierriffe zu deuten, während dagegen die Darwin-Danasche Theorie, und sie allein, eine befriedigende Erklärung für dieselben abgiebt. Die überwiegende Anzahl aller Barrierriffe und Atolle des grofsen Ozeans ist nach Langenbeck in thatsächlichen Senkungsgebieten der Erdrinde entstanden, und wo sich vereinzelt gehobene Riffe zeigen, da verdanken sie ihre Erhebung vulkanischen und geotektonischen Kräften jüngerer Perioden. Schw.



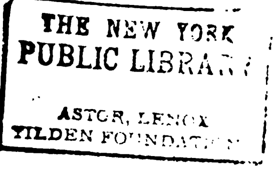
Verlag von Hermann Paetel in Berlin. — Druck von Wilhelm Gronau's Buchdruckerei in Berlin.
Für die Redaction verantwortlich: Dr. M. Wilhelm Meyer in Berlin.



Die Höttinger Breccie bei Innsbruck.

(Nach einer Photographie.)

a Hangende Moräne, b Rothe Breccie, c Liegende Moräne.





Die vierte Dimension in der Astronomie.

Von Dr. **Carl Cranz** in Stuttgart.

Der verehrte Leser wird, wenn er auf diese Ueberschrift hin überhaupt die Lektüre zu beginnen beschliefst, mit einem in doppelter Hinsicht ungünstigen Vorurtheil an dieselbe herantreten. Erstens treten ihm sofort die mannigfachen Anwendungen der erweiterten Raum-Anschauung auf Spiritismus, Knotenschürzen, Tafelbeschreiben, Hellsehen, Geistesfernwirkung u. dergl. vor die Seele; denn die sogenannte vierte Dimension ist ja in Laienkreisen vorzugsweise durch den Unfug populär geworden, der mit einer zunächst rein analytischen Begriffserweiterung der Mathematik auf den Gebieten der Transcendentalphysik, Transcendentalpsychologie, auch auf dem der Theologie getrieben wurde. Und zweitens legt sich dem Leser die berechtigte Besorgnifs nahe, es möchten ihm höchst unerquickliche mathematische Untersuchungen und Vorstellungen, centimeterlange Formeln und Entwicklungen zugemuthet werden, zu deren Bewältigung sich in seinem Schulsack vielleicht nicht die nöthigen Hilfsmittel vorfinden. Dem gegenüber dürfte gleich an dieser Stelle eine doppelte Versicherung des Verfassers sehr am Platze sein, dahingehend, dafs erstens hier von Mysticismus und Occultismus nicht die Rede sein soll, sondern nur einige Auswüchse, welche im Lauf der Zeit die Wissenschaft der Astronomie, bezw. Kosmologie zeitigte, und welche allgemeineres Interesse beanspruchen, vorgeführt werden; und zweitens, dafs zum Verständnifs des Folgenden an mathematischen Vorkenntnissen kaum mehr nothwendig sein wird, als die Bekanntschaft mit den Begriffen der Geraden, Ebene, Kugel und weniger anderer.

Es wird sich also darum handeln, den Begriff der sog. vierten Dimension, die historische Entwicklung dieser Conception und die

speziell kosmologischen Anwendungen derselben in möglichst gemeinverständlicher Weise zu besprechen. Hierbei werde ich zunächst, alle kritischen Bemerkungen bei Seite lassend, die Vertreter der diesbezüglichen Theorien (Riemann, Zöllner, Most u. A.) allein das Wort führen lassen, um ihnen Gelegenheit zu geben, ihre Anschauungen dem Leser möglichst plausibel zu machen, zum Theil mit den eigenen Worten ihrer Schriften; sodann werde ich versuchen, meine eigenen Ansichten in Betreff jener Theorien zu präcisiren; wobei gleich hier bemerkt werden möge, dafs ich in den sog. mehrdimensionalen Räumen nichts weiter erkennen kann, als analytische Fiktionen, denen nur innerhalb der Mathematik selbst eine mehr oder minder erhebliche Bedeutung zuerkannt werden darf.

I. Sehr oft wird von mathematischen Laien, selbst von hervorragenden Philosophen wie Lotze, mit der sog. vierten Dimension ein gänzlich falscher Sinn verbunden; es wird vorausgesetzt, dafs diese vierte Dimension den übrigen Dimensionen, der Länge, Breite, Höhe, als gleichartig beigeordnet, neben diesen für uns unsichtbar vorhanden und „nur tückisch genug sei, ihre Existenz uns nicht merken zu lassen" (Lotze); etwa in derselben Weise, wie man sich vorstellen könnte, neben den 7 Spektralfarben seien noch vielleicht einige andere vorhanden, von denen wir zunächst keine Anschauung besitzen. In diesem Sinne ist jener Begriff vorweg nicht zu verstehen; zu diesem Missverständnifs verleitet wohl zumeist der nicht sehr geeignete Ausdruck „vierte Dimension", statt des Ausdrucks „vierdimensionaler Raum", welch letzterer der Natur der Sache mehr entspricht. Ich werde mir nun gestatten, an der Hand der historischen Entstehung dieses Begriffs dessen wahren Sinn so gut es geht darzulegen:

Die Idee einer Erweiterung unseres Raumbegriffs entsprang einer doppelten Tendenz, welche die mathematische Wissenschaft aufweist und wovon die eine in ihren Wurzeln bis auf die wissenschaftlichen Forschungen der alten Griechen zurückgeht, die andere wesentlich der neueren Zeit angehört, einer intensiven und einer extensiven. Die eine sucht die wahre Bedeutung der Sätze und die Grenzen für die Giltigkeit ihrer Voraussetzungen bis auf die letzten erkenntnifstheoretischen Grundlagen zu erforschen; die andere sucht möglichst allgemeine Gesichtspunkte auf, um möglichst viele Wahrheiten durch Aufstellung allgemeinerer Begriffe und Principien zu vereinigen.

Diejenigen unserer verehrten Leser, welche wenn auch nur die kürzeste Zeit ihres Lebens einmal mit Geometrie sich beschäftigt haben, werden sich erinnern, dafs die letzten Voraussetzungen und

die Grundlagen dieser Wissenschaft einige wenige Sätze, die sogenannten Axiome, bilden, von denen ihnen gesagt wurde, dafs sie nicht weiter beweisbar seien; (einer meiner einstigen Lehrer pflegte diesen Charakter der Axiome in drastischer Weise dadurch zu kennzeichnen, dafs er zur Einleitung jeden Zweifel an der Richtigkeit dieser Sätze mit einer empfindlichen Strafe bedrohte).

Die eigentlich geometrischen Axiome können wir — in einer von der Euklidischen etwas verschiedenen Weise — so aussprechen: erstens: zwei Figuren, die zur Deckung gebracht werden können, indem man die eine in Gedanken nach der anderen hinbewegt, sind einander gleich; zweitens: die Summe der Winkel in einem Dreieck ist gleich einem gestreckten Winkel (zwei Rechten); dieses Axiom ist identisch mit dem berühmten sogen. Parallelenaxiom; drittens: zwei gerade Linien schliefsen keinen endlichen Flächeninhalt zwischen sich ein. Was ist es nun mit diesen Axiomen? Woher rührt die eigenthümliche Erscheinung, dafs diese zum Theil durchaus nicht auf den ersten Anblick selbstverständlichen Sätze zwei Jahrtausende lang allen Anstrengungen der Mathematiker, sie zu beweisen, auch dem letzten und vielleicht schärfsten Angriff Legendres im vorigen Jahrhundert sieghaft widerstanden? „Sind sie ein Erbtheil aus der göttlichen Quelle unserer Vernunft, wie die idealistischen Philosophen meinen, oder ist der Scharfsinn der bisher aufgetretenen Generationen von Mathematikern nur noch nicht ausreichend gewesen, den Beweis zu finden?"

Als Erster scheint Gauss, und zwar schon in sehr früher Zeit, 1792, den wahren Grund erkannt zu haben. Die einfache Lösung des Räthsels ist die, dafs jene Sätze nicht bewiesen werden können, weil sie überhaupt nicht unumgänglich nothwendig sind, dafs also die Axiome keine Anschauungen, noch weniger Denknothwendigkeiten vorstellen, dafs auch ohne sie widerspruchsfreie Geometrieen sich entwickeln lassen. Letzteres geschah durch Bolyai und Lobatschewsky, Schüler von Gauss, etwa im Jahre 1832. Wie dies geschehen kann, soll mit Rücksicht auf die Geduld des Lesers hier nicht gezeigt werden, (einiges Nähere findet man z. B. in der „Sammlung gemeinverst. wiss. Vorträge", Heft 112/113, „über die sog. vierte Dimension" v. V.); eine kurze Andeutung möge genügen:

Wer Geometrie treibt, stellt sich meist in Gedanken eine unendlich ausgedehnte Ebene vor, auf welcher er die elementaren geometrischen Gebilde, Punkte, Gerade, Kreise u. s. w., wie sie gerade für seine Zwecke nothwendig sind, vorhanden denkt, um mit diesen zu operiren; und wenn er, um der „inneren Anschauung" zu Hilfe zu

kommen, materielle Hilfsmittel, wie z. B. Tafel und Kreide verwendet, so hat er doch von der Dickenausdehnung und der Begrenzung der Tafel zu abstrahiren und ebenso die Kreidestriche nach Höhe und Breite unausgedehnt vorzustellen. So combinirt sich der Geometer in der ideal gedachten Zeichenebene seine Geraden, Punkte, Kreise, Ellipsen etc. zu den mannigfachsten Gebilden und sucht Beziehungen zwischen denselben auf. Er erkennt zunächst jene Axiome als Erfahrungswahrheiten; das erste Axiom sagt ihm aus, dafs irgend ein flächenhaftes Gebilde in seiner Ebene unabhängig vom Ort ist; ein Dreieck z. B., das er sich in seiner Zeichenebene von einem Orte derselben zu einem andern verschoben denkt, ändert seine Gestalt nicht; diese Voraussetzung von der Unabhängigkeit der Gebilde vom Ort ist ihm vorweg für jede derartige Untersuchung die erste Bedingung; würden die Gebilde einschrumpfen oder sich dehnen, wenn sie ihren Platz wechselten, so wäre z. B. jegliches Messen illusorisch, da dies doch auf der Hinbewegung von Mafsstäben beruht; und die beiden andern Axiome, die ihm vielleicht anfangs weniger einleuchten, giebt ihm die Erfahrung an.

Nun war es aber keineswegs nothwendig, gerade eine Ebene als Zeichenfläche vorzustellen; mit demselben Recht konnte jener Geometer irgend eine andere Fläche, z. B. eine Kugelfläche, als Grundlage für seine geometrischen Operationen wählen. Dabei mag diese Kugelfläche beliebig grofs, beliebig wenig von der Ebene verschieden vorgestellt werden. Wie ändert sich in diesem Fall seine Wissenschaft?

Gerade Linien in dem früheren Sinne findet er hier überhaupt nicht vor, sie werden ersetzt durch gröfste Kreise auf der Kugelfläche; denkt man sich — dies ist eine vielfach verwendete nützliche Vorstellung, — ein mit Intelligenz begabtes Wesen W, das, selbst flächenhaft, mit allen seinen Anschauungen und seinem Denken an die Kugelfläche gebunden ist und von einem dreidimensionalen Raum, wie wir ihn kennen, keine Anschauung besitzt, so wird dasselbe seine ganz bestimmte Geometrie sich ausbilden. Von zwei „Geraden", die von einem Punkt P ausgehen, wird W, wenn nur die Kugelfläche genügend grofs gedacht wird, vielleicht nicht vermuthen, dafs sie noch in einem zweiten Punkt Q sich schneiden, und doch ist dies der Fall. Folglich schliefsen auch stets zwei „Gerade" in diesem Fall einen endlichen, wenn auch je nachdem sehr grofsen Flächeninhalt ein; das dritte Axiom wird ungiltig.

Ebenso fällt das zweite Axiom. Die Winkelsumme im Dreieck wird von jenen Wesen W gröfser als zwei ihrer rechten Winkel ge-

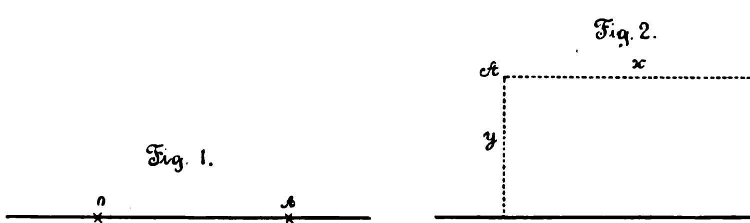
funden werden, (wenigstens werden sie dies unter Umständen constatiren können). Man braucht, um dies einzusehen, nur an ein Kugeldreieck zu denken, das von zwei Meridianen und dem Aequator begrenzt ist

Allein das erste Axiom bleibt bestehen; ein Kugeldreieck wird sich, wenn es in Gedanken innerhalb der Kugelfläche beliebig verschoben wird, weder dehnen, noch zusammenziehen. Anders würde es sich gestalten, wenn eine Fläche z. B. nach Art einer Ei-Fläche als Zeichnungsfläche vorausgesetzt worden wäre; hier wird ein Dreieck, das irgendwo auf die Oberfläche gepafst ist, sich falten müssen, falls es nach dem spitzen Theil des Eies hin bewegt wird, umgekehrt auf der entgegengesetzten Seite sich dehnen. Dies rührt daher, dafs die Ei-Fläche nicht wie die Ebene oder die Kugelfläche in allen ihren Theilen gleichartig gekrümmt ist; die Bedingung für das unveränderte Bestehen eines und desselben Gebildes an jedem Ort einer Zeichnungsfläche wird eben durch die konstante Krümmung der letzteren präzisirt, — ohne dafs übrigens, aus guten Gründen, der Begriff der Krümmung einer Fläche an dieser Stelle schärfer umschrieben werden soll; es würde uns dies allzuweit in die mathematischen Entwicklungen hineinführen.

So viel wenigstens dürfte aus dem Vorhergehenden dem verehrten Leser einleuchtend geworden sein, dafs die Euklidische Geometrie nicht die einzig mögliche, sondern nur eine spezielle aus einer unendlichen Anzahl von unter sich verschiedenen, ebenso widerspruchsfreien Geometrien darstellt und dafs die Axiome Erfahrungsthatsachen sind, welche die Eigenschaften des betreffenden zweidimensionalen Raums, der Zeichnungsfläche, in der gerade Geometrie getrieben wird, charakterisiren. In dieser letzteren Erkenntnifs, die unserem Jahrhundert angehört, liegt ein grofser Fortschritt; man giebt damit den engen Standpunkt der alten griechischen Mathematiker auf und betrachtet die geometrische Wissenschaft von einem allgemeineren Gesichtspunkt: es giebt eine unendliche Zahl von verschiedenen Geometrien, wie es eine unendliche Zahl von reellen und imaginären, ebenen oder gekrümmten Flächen giebt, die vorgestellt oder gedacht werden können, alle enthalten in dem unendlich ausgedehnten Raum.

Wir brauchen jetzt nur noch einen weiteren Schritt zu thun, und werden von selbst auf den Begriff geführt, um den es sich hier handelt. Dabei ist jedoch noch etwas vorauszuschicken. Es wurde vorhin die Ebene, die Kugelfläche, überhaupt jede Fläche ein „zweidimensionaler Raum“ genannt. Dies geschah auf Grund der folgenden Ueberlegung.

Denken wir uns zunächst eine gerade oder krumme Linie (Fig. 1), so sind in derselben unendlich viele Punkte vorhanden; der Ort irgend eines Punktes A unter diesen wird festgelegt sein, sobald wir die Entfernung desselben von einem bestimmten gegebenen Orientirungspunkt O kennen, also etwa die Zahl Meter, die in OA enthalten sind, — wozu noch ein Richtungsmerkmal (in der rechnenden Mathematik ein sog. Vorzeichen), nämlich die Angabe darüber hinzukommen mufs, ob A rechts oder links von O liegen soll; denn sonst wäre die Ortsbestimmung von O zweideutig. Also eine Abmessung, eine Dimension genügt, um jeden Ort auf der Geraden zu bestimmen. Wir können deshalb jede Linie einen eindimensionalen Raum nennen; wer sich an dieser Verwendung des Begriffs „Raum" stöfst, dem bleibt es unbenommen, einen vagen Ausdruck wie „Ordnungssystem" (Lotze) oder „Mannigfaltigkeit" (Riemann) oder einen blofsen Buchstaben dafür zu setzen; ein wirklicher Raum würde die Linie natürlich nur



für gedachte eindimensionale, linienhafte Wesen sein, welche mit ihren Anschauungen und Vorstellungen an diese Linie gebunden wären, weder Breite, noch Höhe, sondern nur Längen, abgemessen in jener Linie, kennen würden.

Weitergehend stellen wir uns etwa eine unendlich ausgedehnte Ebene vor (Fig. 2); irgend ein Punkt A derselben ist bestimmt, wenn zwei Abmessungen zu seiner Orientirung gegeben sind, etwa die (mit Richtungsmerkmalen versehenen) Abstände x und y des Punktes von zwei in der Ebene fest angenommenen Orientirungslinien, einer horizontalen und einer vertikalen Geraden; wir nennen somit die Ebene einen „zweidimensionalen Raum". Uebrigens nicht jede Ebene allein, sondern auch jede Kugelfläche und sonstige Fläche; z. B. auf der Erdoberfläche ist bekanntlich irgend ein Punkt durch zwei Messungen, die sog. geogr. Länge und Breite bestimmt; bezogen auf den Aequator und den ersten Meridian als feste Orientirungslinien.

In einer Ebene nun sind doch unendlich viele Punkte und gerade oder krumme Linien aller Art vorhanden; ich kann mir auf einer

Zeichentafel beliebig viele und beliebig verschiedene Linien, sowie auch Punkte verzeichnen. Wir können also sagen: In einem zweidimensionalen Raum (z. B. einer Ebene) sind unendlich viele und unendlich verschiedene ein- und null-dimensionale Räume (d. h. beliebig viele Linien und Punkte) enthalten. Es läfst sich auch leicht zeigen, auf welche Weise mathematisch irgend ein eindimensionaler Raum aus einem zweidimensionalen herausgehoben werden kann; z. B. irgend eine Gerade innerhalb der unendlichen Ebene: Alle Punkte, welche z. B. auf einer der beiden Halbirungslinien der Winkel zwischen den zwei Orientirungslinien liegen, haben offenbar die Eigenschaft, dafs für sie die Abstände von den beiden Geraden einander gleich sind; für alle diese Punkte ist also $x = y$; umgekehrt ist eine solche Halbirungslinie durch diese Bedingung bestimmt; allgemein, hat man nur irgend eine bestimmte Beziehung zwischen den beiden Abständen x und y (den in der höheren Mathematik so genannten „Variablen") aufgestellt, so ist damit von selbst eine bestimmte Linie in der Ebene herausgehoben.

Aber alle von uns vorzustellenden Punkte, Linien, Flächen sind in dem Raum enthalten, in dem wir alle leben und den wir nach dem Vorhergehenden als dreidimensional zu bezeichnen haben, da jeder Raumpunkt durch drei Abmessungen (Länge, Breite, Höhe), etwa durch seine Abstände von drei als fest im Raum angenommenen Orientirungsebenen, festgelegt ist. Aus diesem von uns meist unendlich vorgestellten Raum, in dem sich alle unsere Vorstellungen, Empfindungen und Fähigkeiten bewegen, aus dieser Form, in der sich für uns überhaupt die Dinge in der Welt ordnen, lassen sich doch beliebig viele geometrische Gebilde in Gedanken herausheben, „vorstellen"; (mathematisch geschieht dies, indem eine Beziehung zwischen drei Variablen x, y, z aufgestellt wird); jede Mauerkante, jede Sehlinie, jeder gespannte Faden ist, wenn wir von den materiellen Zuthaten abstrahiren, eine Linie, ein eindimensionaler Raum; jede Hauswand, jede Tischfläche giebt, in Gedanken ins Unendliche verlängert, eine Ebene, einen zweidimensionalen Raum. Wenn wir, nach dem Vorgang von Helmholtz, zweidimensionale intelligente Wesen W fingiren, deren Anschauungsvermögen an eine solche Ebene gekettet ist, die also keine Höhe, nur Länge und Breite kennen, so ist für jene Wesen diese Ebene ohne Zweifel ihr gesamter Raum; innerhalb dieser kann allein ihre Bewegung stattfinden. — Mein Schatten auf dem Boden, wie er, mit allen Symptomen des Lebens versehen, dahinläuft, ist ein solches zweidimensionales Wesen; ich brauche ihn mir nur noch wirklich be-

lebt vorzustellen; und wer zugleich etwa die Plauderei von Fechner (Dr. Mises, „kleine Schriften“, 4 Paradoxa, erstens: „der Schatten ist lebendig“, pag. 243) dazu liest, wird sich noch leichter in diesen Gedanken hineinleben können. „Man denke sich“, sagt Fechner (in seinem zweiten Paradoxon, „der Raum hat vier Dimensionen“, pag. 260), „man denke sich ein kleines Männchen, das in der camera obscura auf dem Papiere herumläuft, da hat man ein Wesen, was in zwei Dimensionen existirt. Was hindert, ein solches Wesen lebendig zu denken; denken kann man sichs doch. Nun, insofern alles Sehen, Hören, Dichten, Trachten eines blofs in zwei Dimensionen existirenden Wesens auch blofs in diesen zwei Dimensionen beschlossen wäre, so würde es natürlich ebensowenig etwas von einer dritten Dimension wissen können, als wir, die wir nur in drei Dimensionen leben, von einer vierten. Das experimentirende Schatten- oder Farbenmännchen würde ebenso auf einer Fläche herumlaufen und vergebens nach der dritten Dimension suchen . . ., als unsere Naturforscher nach der vierten“ etc.

Wenn ein (zweidimensionaler) Körper aus der Ebene solcher Wesen plötzlich von uns senkrecht zu derselben herausgenommen und an einem anderen Ort wieder in die Ebene zurückgebracht würde, so müfste dieser Vorgang jenen Wesen zunächst als eine Art Zauberei erscheinen, und wenn zwei Massenpunkte ohne einen sichtbaren Antrieb, in Wirklichkeit aber durch eine aufserhalb liegende Kraft, z. B. durch Magnete angezogen, gegen einander sich bewegten, so läge hierin eine für sie völlig unerklärliche physikalische Erscheinung. Es würde in solchen Fällen unter jenen Wesen zuerst von Betrug, dann von Zauberei gesprochen werden; schliefslich käme vielleicht ein besonders begabtes Individuum auf den richtigen Gedanken, es möchte wohl ihr zweidimensionaler Raum nicht der einzige bestehende, sondern mit unzählig vielen andern, ebenen und gekrümmten Flächen, als Theil in einem dreidimensionalen Raume enthalten sein, der nur ihrem beschränkten Anschauungsvermögen verschlossen sei; dann erklären sich ihnen sofort jene Vorgänge mit Leichtigkeit. Und wenn gewisse Beobachtungsthatsachen sie dazu zwängen, würden sie sich der Annahme nicht verschliefsen, dafs ihr zweidimensionaler Raum, der ihnen bisher den Charakter einer Ebene hatte, nicht eine genaue Ebene, sondern eine wenn auch sehr wenig von der Ebene verschiedene Kugelfläche darstelle, die also zwar unbegrenzt, aber doch endlich sei und deren Linien wieder in sich zurückführen.

Analog legt sich nun für uns Menschen der Gedanke nahe: Ist nicht vielleicht unsere räumliche Anschauung als speziell menschliche

eine sehr beschränkte in der Weise, dafs in Wahrheit neben unserem Erfahrungsraum eine unendliche Anzahl anderer, mehr oder weniger davon verschiedener Räume, endliche und unendliche, existiren; alle enthalten in einem und demselben unseren Vorstellungen unzugänglichen, vier-dimensionalen Raum? Und ist nicht vielleicht, was die Struktur unseres eigenen Raums betrifft, derselbe nur scheinbar ein unendlicher, in Wirklichkeit ein endlicher? (Die Einführung eines vierdimensionalen Raumes geschieht mathematisch natürlich dadurch, dafs eine Beziehung zwischen vier Variablen aufgestellt wird, — ohne dafs übrigens damit der betreffende vierdimensionale Raum auch schon definirt ist.)

Derartige Gedanken, unsere Raumanschauung als eine beschränkte aufzufassen, sind nicht neu. Der englische Theosoph Henry More (1614—1687) und in Deutschland der württembergische Pfarrer Joh. Ludw. Fricker (1729—1761) aus Dettingen bei Urach scheinen die Ersten gewesen zu sein, welche die Conception einer durch eine Dimension erweiterten Raumanschauung gewannen und auf die Erklärung von theologischen Fragen anwandten. Ob Kant und Gaufs sich ernstlich derartigen Ideen zuneigten, ist wohl nicht zu ermitteln; jedenfalls hat die Geisterwelt Kants mit derjenigen Zöllners nichts zu thun. Die Entwicklungen von Gaufs, Bolyai und Lobatschewsky regten sodann Riemann und Helmholtz zu ihren Untersuchungen an; populär aber wurde die Idee einer erweiterten Raumanschauung durch Fechner, Ulrici, Crookes, Wallace, besonders aber durch Zöllner. Es ist hier nicht der Ort, zu schildern, wie Zöllner die zunächst mehr analytischen Forschungen von Riemann und Helmholtz mit allzu lebhaftem Temperament phantastisch verarbeitete, wie er jene Ideen auf die Erklärung des Räthsels der Symmetrie, auf die Auffassung der uns umgebenden Welt als eines Schattenphänomens von einer realeren vierdimensionalen Weltordnung, auf das Verhältnifs der Erscheinungen zu den Dingen an sich, auf die Konstitution der Materie anwandte und wie er schliefslich dem Spiritismus in die Arme geführt wurde. Noch weniger mögen Versuche erwähnt werden, wie die des Herrn Dr. Gustav Bellermann am Königstädtischen Realgymnasium in Berlin, der mit dem Rüstzeug der analytischen Geometrie „die Objektivität der Aufsenwelt und das Dasein Gottes“ glaubt beweisen zu können.

Hier soll vielmehr von dem speziellen Gedanken die Rede sein, den Weltraum endlich vorauszusetzen. Der wirkliche Raum könnte sich zu dem bisher unendlich vorgestellten Raum verhalten

wie ein wenn auch sehr grofser Kreis zu einer Geraden, oder wie eine Kugel zu einer Ebene; dann wäre er in der That zwar unbegrenzt, aber endlich. Wenn wir nur genügend genaue Mefsinstrumente besäfsen, so müfsten wir erkennen, dafs unsere Axiome, welche die Struktur des Raumes, in dem wir leben, angeben, nicht vollkommen richtig sind. Riemann sagt in seiner berühmten Habilitationsschrift von 1854 („Ueber die Hypothesen, welche der Geometrie zu Grunde liegen"): „Der Raum ist nur ein besonderer Fall einer dreifach ausgedehnten Mannigfaltigkeit . . .; es lassen sich mehrere Systeme einfacher Thatsachen angeben, welche zur Bestimmung der Mafsverhältnisse des Raums hinreichen . .; diese Thatsachen sind wie alle Thatsachen nicht nothwendig, sondern nur von empirischer Gewifsheit; sie sind Hypothesen . . . Bei der Ausdehnung der Raumkonstruktionen ins Unmefsbargrofse ist Unbegrenztheit und Unendlichkeit zu scheiden. Dafs der Raum eine unbegrenzte dreifach ausgedehnte Mannigfaltigkeit sei, ist eine Voraussetzung, welche bei jeder Auffassung der Aufsenwelt angewendet wird und welche sich bei den Anwendungen fortwährend bestätigt . . . Setzt man voraus, dafs die Körper unabhängig vom Ort existiren, so ist das Krümmungsmafs überall konstant, und es folgt dann aus den astronomischen Messungen, dafs es nicht von Null verschieden sein kann; jedenfalls müfste sein reziproker Werth eine Fläche sein, gegen welche das unseren Teleskopen zugängliche Gebiet verschwinden müfste . ."

Nehmen wir für den Augenblick in der That an, unser Raum sei endlich. Die Verhältnisse eines solchen „kugelförmigen" dreidimensionalen Raums, wie sie für uns sich ergeben müfsten, hat Helmholtz im einzelnen dargelegt (Popul. wiss. Vorträge, 4. Heft, „Ueber den Ursprung und die Bedeutung der geometrischen Axiome"). Der Leser möge sich übrigens hüten, durch den Ausdruck „kugelförmiger Raum" sich zu der Vorstellung verleiten zu lassen, er habe sich damit den Raum nach allen Seiten durch eine grofse Kugelfläche abgeschlossen zu denken; gemeint ist vielmehr, in dem vierdimensionalen Raum seien alle möglichen, endliche und unendliche dreidimensionale Räume vorhanden; einer dieser letzteren und zwar ein rundlicher sei unser menschlicher Raum; seine Struktur sei derart, dafs er sich zu einem unendlichen verhalte, wie eine endliche Kugel zu einer (unendlichen) Ebene.

Verhält es sich so, so wäre diese Erkenntnifs das höhere Analogon zu einer andern, die sich schon einmal in der Kulturentwicklung der Menschheit vollzog: Die Alten dachten sich doch die Erd-

oberfläche als eine unendliche Ebene; sie konnten nicht wissen, dafs diese Fläche gekrümmt und von endlicher Ausdehnung sei, dafs zwei Geraden, die sie sich von einem Punkt derselben ausgehend und auf ihr fortgesetzt dachten, sich noch in einem zweiten Punkt schneiden müssen etc. Hätten ihnen sehr genaue Mefsmethoden zur Verfügung gestanden, so hätten sie wahrnehmen müssen, dafs die Winkelsumme in einem Dreieck der Erdoberfläche etwas gröfser als zwei Rechte ausfällt. Durch die Erdumseglung, also durch die Erfahrung, wurde endgiltig die frühere Annahme als unrichtig erwiesen.

Auf die Hypothese, den Weltraum „kugelförmig“ anzunehmen, wurde Zöllner durch seine astrophysikalischen Untersuchungen, besonders über die Natur der Kometen, speziell durch die Frage nach der Zahl der Fixsterne und damit nach der Endlichkeit oder Unendlichkeit des im Universum enthaltenen Stoffs geführt.

Nach Kant werden Raum und Zeit als unendlich gegebene Gröfsen vorgestellt; doch unterscheidet er bestimmt zwischen Unbegrenztheit und Unendlichkeit und ist sich wohl bewufst, dafs mit der ersteren die letztere nicht nothwendig verbunden ist. „Der Raum,“ sagt Trendelenburg, „dieses ruhende Wesen soll unendlich sein und zwar nach den entgegengesetzten Seiten hin, unendlich ausgedehnt und unendlich theilbar; ein solches Wesen fafst kein Gedanke; es ist wie ein Ungeheuer, das weder die tiefsinnigsten kosmogonischen Mythen bändigten, noch die verständig überlegende Metaphysik des vorigen Jahrhunderts zähmte.“

Verhältnifsmäfsig einfach war die Frage für die alten griechischen Philosophen. Ueber der grofsen Scheibe, auf der die Menschen wohnten, wölbten sich wie bewegliche grofse Glaskugeln die acht Sphären, und oben auf diesem Treibhaus safsen die Götter Griechenlands und „amüsirten sich köstlich über das wunderliche Treiben der Menschen darunter“ (M. W. Meyer). Für diese Kosmologie war somit der Raum, jedenfalls der Stoff endlich und scheinbar hübsch im Gleichgewicht. Aber die neue Lehre zerstörte diesen ganzen Bau, und ein endloser Himmel mit einer endlosen Schaar von gewaltigen Himmelskörpern öffnete sich dem geistigen Blick.

Beides, sowohl dafs die Materie endlich, als dafs sie unendlich sei, läfst sich scheinbar beweisen. Gestatte mir der Leser, dafs ich dies, mit Anlehnung an Zöllner, in aller Kürze versuche, und zwar mittelst der indirekten Beweismethode, wobei die Voraussetzungen jedesmal auf einen Widerspruch hinausführen.

Erstens: Der die Welt erfüllende Stoff ist unendlich.

Beweis: Wäre er nicht unendlich, sondern endlich, so könnte die endliche Gasmasse auf Grund des Mariotteschen und Newtonschen Gesetzes nicht im Gleichgewichte sein. Bei dem Bestreben der Gase, sich im Raum auszudehnen, müfsten sich die gröfsten endlichen Massen in dem unbegrenzten Raum fortdauernd bis zum Verschwinden verflüchtigen, in ein Aggregat diskreter Gasmoleküle von konstanter und geradliniger Geschwindigkeit auflösen, deren mittlerer Abstand unendlich grofs ist. Die Dichtigkeit des Gases würde nach unendlich langer Zeit unendlich klein geworden sein, und der Raum für unser Auge als ein nicht mit Materie erfüllter, als vollkommen leer erscheinen. Dies ist nicht der Fall; durch die Existenz der uns sinnlich wahrnehmbaren Welt sind wir empirisch zur Annahme einer wenigstens partiellen materiellen Raumerfüllung gezwungen. Folglich ist die Voraussetzung unrichtig und somit die Materie unendlich.

Der Einwand, durch den umgebenden Aether werde auf die äufsere Grenzschicht der endlichen Gasmasse der erforderliche Druck ausgeübt, ist unzulässig, da der Aether alle Körper, also auch die Luft durchdringt. Ebenso entfällt die Annahme einer so niedrigen Temperatur jener Grenzschicht, dafs die Gase ihre elastische Kraft vollständig verlieren und tropfbar flüssig werden, durch die Ueberlegung, dafs die endliche Luftmasse von den Wärmestrahlen der Sonnen allenthalben in endlicher Entfernung getroffen würde.

Es bliebe übrig, die Hypothese einer Begrenzung der Zeit ins Auge zu fassen, welche seit der Existenz der Welt bis auf die Gegenwart verflossen ist, also die Annahme eines Schöpfungsaktes, durch welchen zu einer in endlicher Vergangenheit liegenden Zeit ein bestimmter Anfangszustand der Welt begonnen hat, der sich nun fortdauernd in einer für unsere Sinne und Zeiträume unmerklichen Weise dem vorhin erwähnten Endzustand der Stoffverflüchtigung und allmählichen Auflösung der Welt in Nichts nähert. Eine solche Voraussetzung würde (für Zöllner) keine logische, sondern nur eine willkürliche Begrenzung der Kausalreihe einschliefsen, gegen welche sich der Verstand auf Grund des ihm innewohnenden Kausalitätsbedürfnisses sträubt.

Zweitens: Der vorhandene Stoff ist endlich.

Beweis: Wäre er nicht endlich, sondern unendlich, so müfste an jeder Stelle des materiell erfüllten Raumes der Druck der Materie unendlich grofs sein. Denkt man sich nämlich eine endliche Quantität gasförmiger oder flüssiger oder fester Masse, welche unter dem Einflufs ihrer Kräfte die Gestalt einer Kugel angenommen hat, so ist der Druck im Zentrum der Kugel proportional dem Radius der Kugel.

Soll also die Masse eine unendliche sein, so müfste auch der Radius der Kugel einen unendlich grofsen Werth besitzen, und an jeder vom Zentrum gleich weit entfernten Stelle wäre der Druck gleich und unendlich. Eine unendlich hohe Atmosphäre würde mit unendlichem Druck auf uns lasten.

Auch von einer anderen Seite kamen Olbers in Bremen und Chéseauz in Lausanne auf Widersprüche bei der Annahme, dafs die Materie unendlich sei; nämlich durch Betrachtungen über die Zahl der Fixsterne. Die Anordnung der Sterne dachten sich manche Astronomen gemäfs dem Prinzip Platos: Gott sei bei Erschaffung der Welt geometrisch verfahren; etwa alle Sterne seien gleich weit von einander entfernt, so dafs der Unterschied im Glanz nur von der Verschiedenheit der Entfernung von der Erde herrühre. Denkt man sich in gleichen Abständen Kugelflächen um die Sonne und auf der ersten Kugelfläche die Sterne erster Gröfse, so befinden sich auf der zweiten Kugel viermal so viel Sterne zweiter Gröfse, auf der dritten neunmal so viel Sterne dritter Gröfse u. s. f. Wenn nun die Zahl der Sterne unendlich ist, so giebt es keine einzige Gesichtslinie von der Erde aus, die nicht auf einen Stern träfe; die Erscheinung müfste also hinsichtlich der Helligkeit dieselbe sein, wie wenn alle Sterne in derselben Entfernung von uns an derselben Kugelschale befestigt wären; diese Schale hätte allenthalben denselben Glanz; wäre dieser Glanz an irgend einer Stelle der Schale gleich dem der Sonne, so müfste das ganze Himmelsgewölbe mit einem Licht gleich dem der Sonne unser Auge blenden. Die wirklichen Verhältnisse entsprechen dem durchaus nicht. „Wohl uns," sagt Olbers, „dafs doch die Natur die Sache anders eingerichtet hat; wohl uns, dafs nicht jeder Punkt des Himmelsgewölbes Sonnenlicht auf die Erde herabsendet; die unerträgliche Helligkeit, die alle Vergleichung übersteigende Hitze, die dann herrschen würde, nicht einmal betrachtet, will ich nur der höchst unvollkommenen Astronomie gedenken, die dann uns Erdbewohnern noch möglich bleiben würde; vom Fixsternhimmel würden wir nichts wissen, unsere eigene Sonne nur mühsam an ihren Flecken entdecken und blofs den Mond und die Planeten als dunklere Scheiben auf einem sonnenhellen Himmelsgrund unterscheiden" etc. Wie soll man sich, meint er, erklären, dafs die Verhältnisse anders liegen, ohne in Widerspruch mit der Annahme zu gerathen, dafs die Zahl der Sterne und damit die Materie unendlich sei?

Auf doppelte Weise also sehen wir, dafs die Annahme zu Widersprüchen führt, die Materie in der Welt sei unendlich; folglich ist sie

endlich. Sie ist aber auch nicht endlich; denn wäre sie endlich u. s. f. . . . ., wir sind wieder zum Anfang zurückgekehrt und bewegen uns fortwährend im Kreise herum, ähnlich wie bei den Betrachtungen in einem bekannten Volkslied.

Aus diesem Labyrinth von Widersprüchen weifs sich Zöllner nur durch die vierte Dimension zu retten. Es genügt die Annahme, dafs unser Raum ein „kugelförmiger" sei, um sofort jene Widersprüche entfallen zu sehen. In einem solchen Raum sind ja die geraden Linien durch Kreislinien ersetzt zu denken, deren Radius übrigens beliebig grofs sein kann. Zwei Massenpunkte, welche sich geradlinig von einander entfernen, begegnen sich folglich wieder, und zwar periodisch wiederkehrend in endlichen Zeiträumen, deren Gröfse von der Geschwindigkeit der Bewegung und der Gröfse des Raums abhängt; periodisch wird lebendige Kraft in Spannkraft bei Annäherung und Spannkraft in lebendige Kraft bei Entfernung verwandelt. Dasselbe gilt für beliebige Massen. Welten, die an einer Stelle des Raums vergehen, trennen sich, um an einer anderen Stelle mit anderen Massen zu neuen Welten zusammenzutreten. Die Gefahr der allgemeinen Stoff- und Energie-Zerstreuung und damit des Weltstillstands, die so vielen Schrecken verbreitete, seit Thomson mit allerdings wenig Recht auf Grund des Carnotschen Satzes seine bekannte Hypothese aufstellte, wäre glücklich abgewendet. Eine Menge eigenthümlicher Periodicitätserscheinungen in Astrophysik und Meteorologie, ferner das Räthsel der neuen, verschwindenden und veränderlichen Sterne, der Gang von Kometen, die Eiszeiten u. A. m. würden sich nebenher spielend erklären.

Diese Theorie scheint sich neuerdings manche Freunde gewonnen zu haben. So sagt z. B. Most in Coblenz im Eingang seiner Programmschrift („neue Darlegung der absoluten Geometrie und Mechanik mit Berücksichtigung der Frage nach den Grenzen des Weltraums" Programm No. 427, Jahrgang 1883): „Nicht unwahrscheinlich ist es, dafs sich noch in dem ablaufenden Jahrhundert allmählich in den Vorstellungskreis der Gebildeten eine Neuerung drängt, welche in Art und Bedeutung jener Vorstellungsänderung gleichsteht, die vor wenigen Jahrhunderten in Bezug auf die Gestalt der Erde und die Stellung derselben im Weltall zum Abschlufs kam. Wenn schon die neue Vorstellung von der Kugelgestalt der Erde und ihre Beschaffenheit als Wandelstern den ganzen Gedankenkreis der Menschen damals mächtig beeinflufste, so müfste heute die allgemeinere Aufnahme einer neuen Vorstellung von dem Charakter des Weltraums unser Denken und

Fühlen auf das nachhaltigste durchdringen. Es handelt sich darum, den Weltraum als unbegrenzt und doch endlich nach Art der Kreislinie und der Kugelfläche zu erkennen und damit die drohende Sphinx, welche dem armen Erdenwanderer unablässig das verwirrende Räthsel von dem unendlichen Raume vorhält, zu stürzen; es handelt sich darum, die grausige Konsequenz von der Zerstreuung der Energie des Weltalls zu brechen und damit die Vorstellung zu bannen, welche wie Alpdruck ebenso stark auf der dualistischen wie auf der monistischen Weltanschauung lastet; wird doch als Ziel der Welt eine Verkümmerung in Erstarrung und Monotonie gesetzt .... Und sollte es auch nicht gelingen, darzulegen, dafs man für das Weltall die endliche, sphärische Raumform denken mufs, so wird es jenen bedrückenden Fragen gegenüber schon als eine Wohlthat empfunden werden, dafs man sich diese endliche Form mit demselben Recht wie die üblichen nach freier Wahl denken darf .... Selbstverständlich wird man für kleine Erstreckungen, den Eigenschaften des sphärischen Raumes entsprechend, bei den geläufigen Vorstellungen bleiben, wie man für kleine Entfernungen auf der Erdoberfläche von der Krümmung derselben absieht; geht aber der Gedanke über den engen Horizont hinaus, handelt es sich um das Weltall im ganzen, dann, sollte man meinen, müfsten Physiker und Astronomen allen Ernstes mit demselben hoffnungsfreudigen Vertrauen an die sphärische Raumform denken, mit dem die grofsen Entdecker und die ersten Erdumsegler auf die Kugel schauten .... Steht es uns frei, zwischen der sphärischen und der ebenen Raumform zu wählen, so ist die endliche Form (die sphärische), welche zugleich die Erhaltung der Energie des Weltalls sichert, vorzuziehen ...

Eine wichtige Konsequenz für den sphärischen Raum mufs noch hervorgehoben werden, da sie vielleicht am besten geeignet ist, die Annahme eines sphärischen Raumes zu bestätigen oder zu vernichten. Die von einem Punkt ausgehenden Lichtstrahlen durchkreuzen sich (N.B. in dem sphärischen Raum) alle in dem Gegenpunkt; eine Sonne hat also um den Gegenpunkt ihres Mittelpunkts eine Gegensonne voll Licht und Wärme ohne Körpermasse; von dieser Lichtsonne gehen die Strahlen zur eigentlichen Massensonne zurück und geben wieder ab, was vor so und so viel Sekunden ausgestrahlt worden ist. So wäre es, wenn die Sonne still stände; da sie aber in Bewegung ist, so gestaltet sich die Sache anders: ... es müssen sich auch die beiden Lichtsonnen bewegen; alle drei in derselben geschlossenen geraden Linie, und nicht genug damit, die zweite Lichtsonne wird

eine dritte u. s. w. bilden; übrigens werden die Nebensonnen immer lichtschwächer, da bei dem Durchgang durch den Weltraum Licht und Wärme an die getroffenen Weltkörper — und es werden jedesmal alle getroffen — abgegeben wird. Viele von den Sternen, die wir sehen, müfsten also nur Licht- und Wärme-Sonnen, keine materiellen Sonnen sein; das wäre der Sinn der Darlegung" u. s. f.

Most weist bei seinen Auseinandersetzungen zwar den Gedanken einer vierten Dimension ab; aber es ist nach dem Vorhergehenden klar, dafs, mag er wollen oder nicht, von selbst sich die Idee eines vierdimensionalen Raums damit schon eingestellt hat; wenn wir über dreidimensionale Räume nachdenken, die so oder anders beschaffen sein könnten, so war dies nur möglich auf Grund der stillschweigenden Einführung eines vierdimensionalen Systems, in dem alle möglichen dreidimensionalen beschlossen sind. Most, der sich auch sonst mancher Irrthümer schuldig macht, vergifst, dafs die Idee seiner erweiterten Raumanschauung aus seiner analytischen Geometrie herstammt und steckt den Kopf in den Busch, um die Folgen seines Thuns nicht sehen zu müssen. Nichtsdestoweniger ist er ein Vierdimensionaler.

Damit sind wir schon in die kritische Besprechung dieser Theorien eingetreten:

II. Das πρῶτον ψεῦδος bei allen Anwendungen der sog. vierten Dimension auf andere Gebiete als diejenigen der abstrakten Mathematik liegt darin, dafs die historische Entstehung dieses Begriffs vergessen und die wahre Bedeutung des Wortes „Dimension" übersehen wird. Die vier-, fünf- u. s. w. dimensionalen Räume sind und bleiben reine Fiktionen der analytischen Geometrie, welche dazu dienen können, mehrere Sätze in einen einzigen zusammenzufassen, bezw. einen Satz als Anfangsglied einer Reihe von Sätzen erkennen zu lassen, sowie um Ausnahmen zu vermeiden. Kurz, die Sprachweise der Mathematik wird durch diese Symbole vereinfacht; ähnlich wie in der Arithmetik und Geometrie die Einführung der sog. negativen, gebrochenen, irrationalen, imaginären Zahlen und der sog. unendlich fernen Punkte und Geraden insofern eine vereinfachte Ausdrucksweise gestattete, als statt von Summen und Differenzen nur von Summen, statt von Produkten und Quotienten nur von Produkten etc. gesprochen zu werden braucht, bezw. zwei Beziehungen in eine einzige zusammengefafst werden. Bei dieser Einführung ist eine Erweiterung des Begriffs der Zahl nothwendig, welche ursprünglich als blofses Resultat der wiederholten Setzung eines Objekts definirt war; analog ist im

vorliegenden Fall eine Erweiterung des Begriffs „Raum“ erforderlich; aber mit dem Erfahrungsraum, den „der liebe Gott für uns geschaffen hat“, wie Kummer sich in seiner Vorlesung ausdrückte, haben die sog. „höheren Räume“ nichts zu thun.

Als dreidimensional ist dieser Raum unserer Empfindungen auch nur dann zu bezeichnen, wenn, wie es meist geschieht, der Punkt als ursprünglichstes raumerzeugendes Element zu Grunde gelegt wird; geschieht dasselbe mit der Geraden statt des Punkts, so ist der Raum als vierdimensional aufzufassen etc.

Man hört öfters die Behauptung aussprechen, unser Sehen sei ursprünglich ein zweidimensionales, wir sähen in der Fläche, und erst auf Grund der Erfahrung kämen wir zu der Erkenntnifs (oder je nachdem zu der Hypothese) eines dreidimensionalen Raumes, in welchem wir die Gegenstände auch hinter einander, nicht blofs neben einander lokalisirten; und man weist darauf hin, dafs ähnliches in der astronomischen Wissenschaft stattfand, wo die Sterne anfangs auf einer und derselben Fläche, der Himmelskugel der Alten, angeordnet gedacht wurden, bis Widersprüche nöthigten, diese zweidimensionale Vorstellung aufzugeben, was dann stufenweise geschah. Und ist es nicht erfreulich, sich in der historischen Gedankenreihe zu ergehen: Erst wird der Mensch aus dem Mittelpunkt der Erdscheibe gerückt, dann die Erde aus dem Mittelpunkt des Planetensystems, sodann das letztere aus dem Mittelpunkt des Weltraums, und nun endlich noch wird unser Raum sich bescheiden müssen, ein unendlich kleiner Theil eines gröfseren Komplexes zu werden u. s. f.?

Dabei wird aber der Ausdruck „dimensional“ nicht genau präzisirt. Allen unseren derartigen Ueberlegungen liegt stets schon der Erfahrungsraum zu Grunde. Wenn auch die Gesichtsempfindungen zunächst flächenartig lokalisirt sind, so gehen sie doch in dem Raum vor sich; wir stellen uns in bewufster Weise der Fläche gegenüber und sprechen von einem hinten und vorn; die Folgerungen, die aus jener Theorie, dafs die dreidimensionale Anschauung von uns erst im Laufe der Entwicklung hinzuerworben werden mufs, gezogen zu werden pflegen, würden in Wahrheit nur dann ihre Gültigkeit haben, wenn wir selbst ursprünglich zweidimensionale Wesen wären, was wir Gott sei Dank nie sind. Mit Stumpf und Raschig bin ich der Ansicht, dafs jeder Gesichtsinhalt nothwendig die dritte Dimension bereits einschliefst, und möchte ich hinzufügen, nicht blofs jeder Gesichtsinhalt, sondern auch unsere elementarsten geometrischen Vorstellungen, da die Vorstellungen von Punkten, Linien, Flächen, als

Resultate der Abstraktion von wirklich vorhandenen, gesehenen oder betasteten Gegenständen, immer noch einen Rest des vollzogenen Grenzübergangs aus dem Körperlichen an sich haben.

Stellt man sich auf diesen Standpunkt, so entfallen überhaupt alle Verwendungen der sogenannten vierten Dimension für Zwecke der Astronomie, Physik und Psychologie, weil auf prinzipiell unrichtigen Schlüssen beruhend.

Die Raumanschauung, die wir besitzen, kann nicht abgeleitet, sondern nur „charakterisirt" werden, sagt Liebmann mit Recht. Die Verhältnisse eines Raums mit sogenanntem positivem Krümmungsmafs, z. B. eines sphärischen Raums, können allerdings geschildert werden, wie es Helmholtz gethan hat, aber immer nur auf Grund unserer eigenen Empfindungen; niemals könnten wir, wie Riemann es vorschlug, durch Beobachtung, z. B. an grofsen Sterndreiecken, konstatiren, ob unser Raum endlich ist oder nicht, da unsere Eigenbewegung nur eine beschränkte ist und da uns die Orientirung für den Raum selbst ebenso fehlt, wie für die Zeit.

Uebrigens sind die Ueberzeugungen, welche Zöllner, Most u. A. auf Grund von Widersprüchen zur Annahme eines sphärischen Raumes veranlassen, nichts weniger als zwingend, sie sind falsch. Die physikalischen Betrachtungen über die Möglichkeit der Stabilität einer endlichen Gasmasse im unendlichen Raum dürfen überhaupt nicht in der gezeigten Weise angestellt werden. Um nur Eines zu nennen, so wird das Mariottesche Gesetz vorausgesetzt. Auch zugegeben, dafs wir nach der 3. regula philosophandi Newtons die physikalischen Eigenschaften wie Temperatur, Masse, Ausdehnung etc. der in der Nähe bekannten Körper auf die in beliebiger Ferne auf uns wirkenden mittelst der Analogie übertragen müssen, so ist die Anwendbarkeit jenes Gesetzes doch nicht eine unbeschränkte; das Mariottesche Gesetz ist, wie wohl alle Naturgesetze, ein blofses Näherungsgesetz unserer bisherigen Erfahrungen; schon bei dem Druck der Pulvergase ist es nicht mehr gültig. Die Rechnungen Zöllners über das Gleichgewicht einer Gasmasse im unendlichen Raum (mit Hülfe einer Differentialgleichung zweiter Ordnung) gehören zu den gröfsten Ungeheuerlichkeiten, die je in der Mathematik verübt worden sind. Jede mathematisch-physikalische Rechnung liefert doch inhaltlich nicht mehr, als in sie vorher durch Voraussetzungen hineingelegt wurde; also kann sie auch nicht den Anfangs- und Endzustand der Welt liefern, indem gewisse Gröfsen in der Rechnung „gleich unendlich" gesetzt werden. Das sog. Unendliche in der Mathematik ist keine

feste bestimmte Gröfse, sondern nur ein abkürzendes Symbol für eine gewisse Fehler-Abschätzung; man kann die ganze höhere Mathematik in aller Strenge begründen, ohne das Wort „unendlich“, das schon manche Köpfe verwirrt hat, überhaupt in den Mund zu nehmen.

Selbst wenn jedoch vom Endlichen auf das Unendliche ohne weiteres geschlossen werden dürfte, als wäre letzteres ein fester Werth, also selbst wenn jene Widersprüche in der That sich mit Nothwendigkeit ergeben würden, hätten die Anhänger jener Theorien die Warnung Kants, den jetzt die Nachfolger Zöllners und die Spiritisten so gerne zu Hilfe rufen, auch hier beherzigen müssen. Nach Kant gehört das Unendliche zu den Antinomien, hinsichtlich derer von je zwei entgegengesetzten Anschauungen immer die eine die Unmöglichkeit der andern darthun kann; man kann, sagt Kant, mit dem gleichen Recht die Behauptung erweisen, dafs die Welt einen Anfang in der Zeit und Grenzen im Raum habe, wie das Gegentheil; ebenso ist es mit den Fragen nach der Theilbarkeit der Materie, der Entscheidung über Freiheit und Nothwendigkeit etc. Die Vernunft verwickelt sich hier unvermeidlich in Widersprüche mit sich selbst, wenn wir nicht einsehen, dafs ein Denken, dessen Kategorien nur auf das Bedingte anwendbar sind, über das Unbedingte weder nach der einen, noch nach der anderen Seite hin etwas behaupten kann, ohne in unlösbare Schwierigkeiten zu gerathen.

Der gesunde Sinn, der in der Naturwissenschaft unserer Tage herrscht, wird diese zweifelsohne davor bewahren, dafs die Prophezeiung, die Most im Eingang seiner Schrift in erhabenen Worten ausspricht, je in Erfüllung geht.

Die Naturwissenschaft, die stets nur durch das Festhalten an den Thatsachen gewachsen ist, wird solche Spekulationen, wie sie in den Versuchen zur Verwendung der modernen Raumtheorie für nichtmathematische Zwecke liegen, bald genug in die historische Rumpelkammer verweisen.

Bleiben wir also, um mit Dr. Mises zu reden, bei unseren guten alten drei Dimensionen; es giebt ohnedies täglich Neues genug.

„Il faut laisser le monde, comme il est,“ sagt ein französisches Sprüchwort.





Die grofse Eiszeit.

Von Prof. Dr. **Albrecht Penck** in Wien.

(Fortsetzung.)

Mannigfache Anzeichen sprechen dafür, dafs während der grofsen Eiszeit sowohl in Europa als auch in Amerika nicht blofs die Schneegrenze, sondern auch die Baumgrenze tiefer gelegen war, als heute. Man findet nicht selten die Reste einer alpin-nordischen Flora in den Lehm- und Torflagern des Flachlandes, und überdies weist die grofse Verwandtschaft der alpinen Flora mit der des Nordens darauf hin, dafs beide einmal mit einander in Berührung standen. Die gesammte Entwicklung der Hochgebirgs-Flora setzt eine ehedem weite Verbreitung der Alpenregion, also eine tiefere Lage der Baumgrenze voraus, und deswegen hat man die Eiszeit in erster Linie einer Aenderung in den Temperaturverhältnissen zuzuschreiben.

Allerdings könnte diese Folgerung als etwas voreilig erscheinen. Ist es doch die Sommerwärme, welche die Schneeschmelze im Hochgebirge vor allem besorgt, so dafs kühle Sommer genügen, um die Gletscher zum Wachsen zu bringen. Ist es doch auch die Intensität und Dauer der Sommerwärme, speziell der Zeit, in welcher die Temperatur sich über 0^{0} bewegt, welche den Verlauf der Baumgrenze festlegt. Würde sonach nicht die Eiszeit am einfachsten als eine Zeit kühler Sommer aufzufassen sein, ohne dafs dabei zugleich die Jahrestemperatur niedriger gewesen wäre als heute? Ist doch das Land im Sommer durchschnittlich wärmer als das Meer, während dieses im Jahresmittel vielfach kaum kälter als das Festland ist. Würde nicht vielleicht der aus unbekannten Ursachen erfolgte Eintritt eines allgemeinen ozeanischen Klimas die Eiszeit erklären?

Diese Frage mufs entschieden verneint werden. Gewifs regelt in unseren Breiten die Sommertemperatur Baum- und Schneegrenze; anders aber in den Tropen, wo der Unterschied von Sommer- und Wintertemperatur entfällt und wo die sehr gleichmäfsige Jahrestemperatur jene Grenzen bestimmt. Auch in den Tropen hat die Eiszeit

ihre Spuren hinterlassen. In Bolivia, wo in Cochabamba das Thermometer sich im Juni auf 12,7° senkt und im Oktober auf 19,2° steigt, lag einst die Schneegrenze weit tiefer als heute, und gleiches war unweit Karakas der Fall, wo sich das Thermometer nur zwischen 20,8° (im Januar) und 23,8° (im Mai) bewegt. Hier genügt nicht eine Aenderung der Sommertemperatur, um die Eiszeit zu erklären, hier mufs die Jahrestemperatur einst eine niedrigere gewesen sein, und auch nur unter dieser Voraussetzung wird die Verbreitung der alpinen Flora längs der genannten Andenkette erklärlich.

Wenn aber die tiefe Lage der Schneegrenze während der Eiszeit in erster Linie auf eine Aenderung in den Temperaturverhältnissen zurückzuführen ist, so ist zugleich die Möglichkeit gegeben, diese Temperaturänderung zu berechnen. Mit einer Erhebung von 200 m nimmt die Temperatur um 1° C. ab; sollen die Temperaturen, welche heute an der Schneegrenze herrschen, 1000 m tiefer, also im Niveau der eiszeitlichen Firngrenze, eintreten, so ist nöthig, dafs die Temperatur um 5° sinkt. Die Eiszeit erscheint sonach als eine allgemeine Temperaturerniedrigung der Erde um 5° C.; während heute die Gesamttemperatur der Erdoberfläche 15° C. beträgt, belief sie sich damals auf nur 10°. Das ist gewiss eine stattliche Differenz, welche 1,7% der heutigen absoluten Temperatur der Erdoberfläche entspricht, welche aber andererseits einer von Jahr zu Jahr sich abspielenden Temperaturdifferenz der gesammten Erdoberfläche gleicht. Letztere ist im Juli um nahezu 5° wärmer (17,4°) als im Januar (12,5°). Ueberdies ist der Betrag der eiszeitlichen Temperaturerniedrigung nicht aufserordentlich viel gröfser als der, um welchen heute die mittleren Jahrestemperaturen der einzelnen Orte schwanken. Eduard Brückner hat kürzlich in überzeugender Weise nachgewiesen, dafs alle 35 Jahre Folgen kalter Jahre wiederkehren, zwischen welche sich Folgen warmer Jahre einschalten, und dafs die ersteren durchschnittlich um 1° C. kühler sind als die letzteren. Der Betrag der 35 jährigen Temperaturschwankung der einzelnen Orte ist nur fünfmal geringer als der der Eiszeit, und letzterer hält sich fast genau in den Grenzen, innerhalb deren sich heute im Laufe eines Jahres die Wärmeverhältnisse der gesamten Erdoberfläche bewegen. Diese Thatsachen nehmen der Eiszeit durchaus den Charakter einer entsetzlichen Kälteperiode, zu deren Erklärung man ganz aufsergewöhnliche Ereignisse herbeiholen müfste.

Heute sind die Folgen kalter Jahre zugleich auch feucht, und wenn auch die Eiszeit vornehmlich durch niedere Temperaturen her-

vorgerufen ist, so soll damit doch keineswegs gesagt sein, dafs sie nicht auch durch gröfseren Niederschlagsreichthum ausgezeichnet gewesen wäre. Manche Anzeichen sprechen dafür, dafs letzteres wenigstens örtlich der Fall war. Die Eiszeit hat nämlich nicht nur Gletscherschliffe und Moränen samt ihren gekritzten Geschieben, sowie endlich charakteristische Oberflächenformen, sondern hier und da selbst ihr Gletschereis hinterlassen. In Alaska und auf den neusibirischen Inseln trifft man auf grofse, mächtige Eismassen, welche nicht etwa blofsen gefrorenen Boden, nicht etwa altes Flufseis darstellen, auch ihren Mafsen nach nicht gestrandete Eisberge sind, sondern wohl nur als echtes Gletschereis gelten dürfen. Das sind die todten Gletscher, augenscheinlich die Ueberreste einer früher zusammenhängenden gröfseren Vereisung. Diese letztere aber muss der Eiszeit angehören, denn es finden sich über dem Eise die wohlkonservirten Kadaver eiszeitlicher Thiere, namentlich des Mammuth. Dafs solche Eisreste vorkommen, kann nicht Wunder nehmen; befindet man sich doch in Alaska und auf den neusibirischen Inseln an den kältesten Orten der Erdoberfläche, wo die Jahrestemperatur weit mehr als 10° unter Null beträgt, und wo daher der Boden bis in namhafte Tiefen gefroren ist. Breitet sich in diesen Ländern eine Schuttdecke über Gletschereis, so mufs dasselbe konservirt bleiben, vorausgesetzt, dafs es starr und bewegungslos wird. Bewegungslos aber werden Gletscher dann, wenn die neu hinzuwachsenden Theile nicht mehr die älteren voranpressen, wenn also ihre Ernährung aussetzt. Die abgestorbenen, todten Gletscher verrathen eine Verminderung der Niederschläge am Orte ihres Bestehens. Für die extrem kontinentalen Gebiete des Nordens wird man dementsprechend für die Eiszeit gegenüber der Gegenwart ein relativ feuchteres Klima anzunehmen haben.

Auch anderweitige Erscheinungen deuten auf ein örtlich feuchtkaltes Eiszeitklima hin. Der Höhenunterschied zwischen der eiszeitlichen und heutigen Schneegrenze ist nicht allenthalben genau derselbe. In den Ost-Alpen beträgt er z. B. 1500 m, also beträchtlich mehr als das Mittel von 1000 m; in den Pyrenäen hingegen beläuft er sich nach den vorliegenden Beobachtungen nur auf 800 m, also unter dem Mittel. Wenn endlich die von Kosmin jüngst gemachte Angabe richtig ist, dass die eiszeitliche Schneegrenze im östlichen Sibirien nur 440—670 m hoch gelegen gewesen sei, so hätte sie sich dort fast 2000 m unter ihrem heutigen Niveau befunden. Es ist wohl möglich, dafs derartige Verschiedenheiten im Abstande der früheren und heutigen Schneegrenze sich darauf zurückführen, dafs neben einer Temperatur-

erniedrigung auch örtlich wenigstens eine Steigerung der Niederschläge während der Eiszeit stattfand. Eingehende Untersuchungen über den genauen Betrag der Depression der Schneegrenze während der Eiszeit werden diese Frage klären, und auch namentlich aufhellen, ob vielleicht, so wie es heute fast den Anschein hat, die Schneegrenze im Innern der Festländer aus den angedeuteten Ursachen relativ tiefer als in den Küstenländern gelegen gewesen sei.

Verspricht die Fortsetzung der Studien über die Höhenlage der Schneegrenze für die Zukunft noch manches schöne Resultat über den klimatischen Zustand der Eiszeit, so ermöglichen dieselben heute schon eine durchaus unvorhergesehene, äufserst wichtige Folgerung zu ziehen, welche die Mächtigkeit der grofsen Inlandeismassen der Eiszeit betrifft. Die Frage, wie dick dieselben in Nordeuropa und in Nordamerika gewesen seien, hat bislang noch keinerlei befriedigende Antwort gefunden. Ueber weite Flachländer sich breitend, überflutheten diese Eismassen Berg und Thal, und keine Erhebung ragte aus ihnen hervor, so dafs sich nirgends bisher Gelegenheit bot, durch Beobachtung oberer Eismarken die Gletschermächtigkeit zu bestimmen. Man hat daher versucht, die Eisdicke zu berechnen. Ist doch der gesamte Bewegungsmechanismus des Inlandeises nur so erklärlich, dafs die zentral gelegenen Massen die randlichen durch ihr Gewicht vorwärts schieben. Unter dieser Annahme haben manche Autoren enorme Mächtigkeiten berechnet, während von anderer Seite kürzlich gezeigt wurde, dafs die Eismassen schon bei sehr geringem Oberflächengefälle sich bewegt haben müfsten, ohne dafs dabei jedoch selbst ein bestimmter Werth für jenes Gefälle und damit für die Dicke des Eises sich ergeben hätte. Gerade aber über die Eisdicke ist eine genaue Kenntnifs nöthig. Entstammt doch das Eis der Vergletscherungen dem Ozeane, und mufste doch dessen Spiegel in dem Mafse sinken, wie sich die Vergletscherungen entfalteten. Schätzt man die vergletschert gewesene Fläche der Nordhemisphäre während der Eiszeit auf 27 Millionen qkm und setzt die mittlere Eismächtigkeit mit 1000 m an, so entspricht das Eisvolumen einer Wassermasse von über 24 Millionen cbkm, das sind fast 2 % der gesamten Meerwassermenge, welche, wenn sie der letzteren entzogen werden, ein Sinken des Meeresspiegels um mehr als 2 % der mittleren Meerestiefe, nämlich von mehr als 70 m hervorrufen würden. Ist hingegen die mittlere Eismächtigkeit 2000 m, so werden dem Meere, um das Eis zu bilden, etwa 4 % seines Wasserinhaltes entzogen werden müssen, der Wasserspiegel aber wird, da sich die Meeresräume nach unten verjüngen, um mehr als 4 % der

mittleren Meerestiefe, etwa rund um 150 m sinken. Werden dem Meere enorme Wassermassen entzogen und in Gestalt von Eis auf das Land gelagert, so wird damit auch die Attraktion des letzteren gesteigert; am Orte sehr dicker Inlandeismassen wird das Meeresniveau eine allerdings flache Anschwellung erfahren, deren Betrag natürlich wieder von der Dicke des Inlandeises abhängig ist, nach neueren Untersuchungen aber stets weit geringer ist, als die durch die Eisbildung bewirkte Senkung des Meeresspiegels.

Alle diese letzteren Fragen mufsten bisher als offene gelten, da man eben nur die Flächen- und nicht zugleich die Höhenentwicklung der Eismassen kannte. Ueber die Höhenverhältnisse der Vergletscherungen nun hat sich in jüngster Zeit eine bemerkenswerthe Thatsache ergeben. Ludwig Kurowski zeigte im kürzlich erschienenen ersten Hefte der Arbeiten des geographischen Institutes der Universität Wien (Wien 1891. Ed. Hölzel), dafs, so lange als der Niederschlag mit der Höhe zunimmt, und die Ablation mit der Höhe abnimmt, die mittlere Höhe der Gletscheroberfläche mit dem Niveau der Schneegrenze übereinstimmt oder nur wenig über demselben gelegen ist. Dies ist durch Kurowski theoretisch und praktisch für kleinere Gebiete erwiesen, in welchen das Niveau der Schneegrenze als konstant angesehen werden darf. Es gilt aber obiger Satz auch für grofse Vereisungen, in deren Umkreis die Schneegrenze nicht allenthalben dasselbe Niveau besessen hat, sodafs man also aus dem Niveau der Schneegrenze eines Inlandeises auf dessen mittlere Oberflächenhöhe schliefsen kann. Nun sieht man allenthalben in der Nachbarschaft des grofsen nordeuropäischen Inlandeises während der Eiszeit die Höhe der Schneegrenze in 1000 m, dementsprechend wird man sie auch im Bereiche des Inlandeises keinesfalls auf über 1000 m veranschlagen dürfen und somit die mittlere Oberflächenhöhe des Inlandeises auf unter 1000 m anzunehmen haben. Es breitete sich das nordeuropäische Inlandeis im wesentlichen über Flachländer, es füllte ferner seichte Meere, wie Nord- und Ostsee, aus; seine Unterlage ist daher gewifs nicht hoch über dem Meeresniveau. Für die mittlere Dicke des Eises ist demnach ein Werth von unter 1000 m anzusetzen. In der neuen Welt reichte das Eis viel weiter südlich wie in der alten; sein Saum erstreckte sich bis in Gebiete, in welchen die Schneegrenze nahe an 2000 m hoch gelegen gewesen sein dürfte, während natürlich im Norden die Schneegrenze viel tiefer lag. Man wird ihr Niveau daher im Mittel auf kaum viel höher veranschlagen dürfen, als über dem nordeuropäischen Inlandeise und somit für die grofse Vereisung Nordamerikas kaum

viel mehr als 1000 m Mächtigkeit annehmen dürfen. War gleichzeitig mit diesen grofsen Vereisungen des Nordens jene des antarktischen Gebietes gröfser als heute, erstreckte sie sich bis durchweg zum südlichen Polarkreis, also vielleicht 10 Millionen qkm mehr deckend wie heute, und habe diese Vereisung entsprechend dem Umstande, dafs sie sich über Meeresräume breitete, durchschnittlich eine Mächtigkeit von 1000 m gehabt, so war dem Ozeane während der Eiszeit ein Wasservolumen von 33 Millionen cbkm entzogen, d. i. nicht ganz 3 pCt. seiner Gesamtmasse, und demgemäfs lag das mittlere Meeresniveau rund 100 m tiefer als heute, jedoch wegen der durch die Eismassen bewirkten Aenderungen des Meeresniveaus in der Nachbarschaft der Riesenvergletscherungen um einen etwas geringeren Betrag, sonst um einen gröfseren. Sinkt der Meeresspiegel, so rückt die Basis tiefer, von welcher aus die Temperaturabnahme mit der Höhe erfolgt, und alle Höhengürtel des Landes rücken damit gleichzeitig tiefer, darunter auch die Schneegrenze. War der Meeresspiegel während der Eiszeit um 100 m gesenkt, so war infolge dessen auch die Schneegrenze rund um 100 m tiefer herabgedrückt. Die für die gesamte Erde nachweisbare Depression der glazialen Firngrenze um 1000 m erscheint daher theilweise und zwar im Betrage von 100 m als eine Folgeerscheinung der Vergletscherungen, während sie zu neun Zehnteln als die Ursache der letzteren gelten mufs. Eine allgemeine Temperaturerniedrigung von 4,5^0, und, war das Klima zugleich feuchter als heute, von noch weniger, genügt, um die gesamte Eiszeit zu erklären, und dieselbe erscheint daher um noch weniger verschieden von den heutigen Klimaschwankungen, als oben dargethan.

Heute schwankt das Klima; Folgen nafskalter Jahre wechseln regelmäfsig mit solchen von warmtrockenen ab. War die Eiszeit nur eine an Dauer und Intensität gesteigerte nafskalte Periode, so liegt der Analogieschlufs nahe, dafs sie sich wiederholte und mit wärmeren Perioden wechselte. Thatsächlich haben sich bereits hierfür Anzeichen ergeben, und zwar viel früher schon, als man die gegenwärtigen Klimaschwankungen kennen lernte; man hat nicht aus diesen auf die Schwankungen des vorzeitlichen Klimas geschlossen, sondern umgekehrt ist nicht zu verkennen, dafs das Studium der Glazialbildungen die neuen, gröfstentheils von Brückner ausgeführten Untersuchungen über die Schwankungen des jetzigen Klimas anregten. Ist für Meteorologen der Begriff der Klimaschwankung ein verhältnifsmäfsig neuer, so ist er bei den Eiszeitforschern, seitdem Croll sein Werk über Klima und Zeit geschrieben, völlig eingebürgert, denn es liegen ganz unzweifelhafte An-

zeichen für so enorme Schwankungen im Umfange der Vereisungen vor, dafs man direkt von einer Wiederholung derselben sprechen mufs. Aus der Eiszeit ist eine Folge verschiedener Gletscher- und Zwischengletscherzeiten, von Glazial- und Interglazialzeiten, eine grofse Eiszeit geworden.

Einschlägige Fingerzeige ergaben sich zunächst in der Schweiz, wo man zwischen den Moränen ein Kohlenlager mit Resten solcher Pflanzen fand, welche unmöglich nahe dem Eise gewachsen sein konnten. Weitere Anzeichen fanden sich bei der Durchforschung Schottlands, in Nordamerika und schliefslich in Norddeutschland und Rufsland. Rings um die Alpen, in Norddeutschland und in Nordamerika ist man der Thatsache gewahr geworden, dafs die äufsersten Spuren der alten Vergletscherungen zwar die Zusammensetzung, aber nicht die äufsere Form von Gletscherbildungen besitzen. Man findet in ihnen wohl Gletschersteine und unter ihnen Gletscherschliffe, aber sie besitzen nicht die wallartige Oberflächengestalt der Moränenlandschaft, welche plötzlich und unvermittelt, ohne Uebergänge mit einem Male in mehr oder minder grofser Entfernung von den äufsersten Gletscherspuren beginnt. So hebt sich in den bestgekannten alten Gletschergebieten eine äufsere Moränenzone deutlich vom inneren Moränengebiete ab, und zwar als eine bedeutend ältere Bildung, welche längst schon durch die Thätigkeit der Gewässer die Formen des reich benetzten Landes erhalten hat. Diese äufseren Moränen werden von den inneren bedeckt, und zwischen beide schalten sich Bildungen ein, welche zu ihrer Entstehung oft sehr lange Zeit erforderten und vielfach Reste einer Fauna bergen, wie sie nur einem milden Klima zukommt. Seit langem schon werden daher die äufseren Moränen einer älteren, die inneren einer jüngeren Vergletscherung zugeschrieben. In den Alpen hat man überdies die unzweifelhaften Spuren einer dritten, noch früheren Vergletscherung gefunden, von welcher man übrigens auch sonst Anzeichen kennt.

Die grofse Einheitlichkeit, mit welcher das Phänomen der eiszeitlichen Vergletscherung über die gesamte Erde verbreitet ist, ermöglicht Erscheinungen im Bereiche der einen Vergletscherung als typisch auch für andere Gebiete anzusehen, und so mögen denn hier die Aufschlüsse, welche das Studium der Eiszeitbildungen in den Ostalpen gegeben hat, gleichsam als Beispiele mitgetheilt werden. Jede Vergletscherung hat hier neben den Moränen auch die Anschwemmungen der Gletscherbäche, ausgedehnte Geröllager, hinterlassen, welche nahezu den gesamten Raum zwischen Alpen und Donau

einnehmen. Eingehende Untersuchungen vergewisserten, dafs man allenthalben, zwischen Basel und Wien, in Schwaben, Bayern und Oesterreich, drei verschiedene solcher Schotterlager unterscheiden kann als die Zeugen dreier verschiedener Vergletscherungen. Bei München befinden sich diese Gletscherbach- oder besser Gletscherstrombildungen unmittelbar übereinander, getrennt durch Verwitterungslehmlager, welche andeuten, dafs zwischen Ablagerung je zweier Geröllbildungen lange Zeit verstrich, während welcher das Land dem Einflusse der Atmosphärilien ausgesetzt war. Auch das oberste Geröllager ist von solchem Verwitterungslehm bedeckt, welcher sich seit der letzten Vergletscherung bildete. Aber dieser Verwitterungslehm ist bei weitem weniger mächtig, als die zwischen die Anschwemmungen der verschiedenen Vergletscherungen eingeschalteten Lehmlager. Man kann nun die Dicke einer Verwitterungskruste bei gleicher Gesteinsbeschaffenheit annähernd als ein Mafs für die Dauer der Verwitterung betrachten; daher erscheinen die Zeiten, welche zwischen den einzelnen Vergletscherungen verstrichen, weit länger, als die seit der letzten Vergletscherung verflossene Zeit. Es ist die Postglazialzeit kürzer als jede der beiden Interglazialzeiten.

So gestalten sich die Dinge am Nordabfalle der Alpen, und am Südfufse des Gebirges liegen sie ganz entsprechend. Am Ostufer des Gardasees, zwischen Salò und Brescia, konnten nicht nur Anschwemmungen, sondern auch die Moränen der drei Vergletscherungen übereinander gefunden werden, abermals durch Verwitterungsgebilde getrennt; und wiederum sind hier die Verwitterungslehme zwischen den Moränen der drei Vergletscherungen weit dicker, als der Verwitterungslehm, welcher die jüngste Moräne deckt. Wiederum drängt sich die Folgerung auf, dafs jede der beiden Interglazialzeiten länger gewesen sein mufs, als die Postglazialzeit, und diese Folgerung wird überdies an anderen Orten durch weitere Argumente gestützt.

Die Aufschlüsse der Gegend von München und am Gardasee ermöglichen am Saume der alten Vergletscherungen drei einzelne Vereisungen in ihren Spuren zu trennen, aber sie geben keinen Fingerzeig dafür, wie weit in den Interglazialzeiten das Eis zurückgegangen gewesen ist. Innerhalb des Gebirges haben sich mancherlei Beobachtungen ergeben, welche erkennen lassen, dafs zwischen den einzelnen Gletscherepochen das Eis sehr weit, bis nahezu an die Firste des Gebirges zurückgegangen gewesen ist. Keine der etwa 20 Stellen, welche zu dieser Folgerung führen, erregt aber gleiches Interesse und ist von so grofser Tragweite, wie die Gegend nördlich von Innsbruck

Hier breitet sich über das Thalgehänge eine Ablagerung von fest mit einander verkitteten Trümmern, welche nichts anderes darstellt, als eine uralte Schutthalde. Das ist die Höttinger Breccie (siehe das Titelbild), welche einen in Innsbruck viel verwertheten Baustein liefert. Diese Höttinger Breccie wird bedeckt von Moränen, unter welchen ihre Oberfläche abgeschliffen ist, und in welchen Trümmer von ihr vorkommen. Lange bevor die letzte Vergletscherung eintrat war daher die Breccie verfestigt, dabei lagert sie aber ihrerseits wiederum auf Moränen auf. Dies ist an mehreren, zum Theil recht weit von einander entfernten Stellen zu sehen. Unsere Abbildung Fig. 1 giebt eine lichttreue Darstellung dieser unteren Moräne mit einem gekritzten Geschiebe; zum Vergleiche stellen wir ihr in Fig. 2 die Abbildung eines gekritzten Geschiebes aus den jüngeren Moränen der Gegend von Villach gegenüber, während Fig. 3 einen Gletscherschliff zeigt. Die Breccie ist also eine interglaziale Ablagerung, ihr Vorkommen an sich schon erweist, dafs zwischen zwei aufeinanderfolgenden Vergletscherungen die Gegend von Innsbruck eisfrei gewesen ist, und ihre bedeutende Mächtigkeit zeigt an, dafs dieser eisfreie Zustand sehr lange angehalten hat.

Was nun aber diese Breccie ganz besonders wichtig erscheinen läfst, ist der Umstand, dafs sie Reste von Pflanzen birgt, welche in rund 1200 m Meereshöhe gewachsen sein müssen. Dieselben sind seit Jahren bekannt, sie weichen entschieden ab von den Gewächsen, welche heute das Berggehänge über Innsbruck bekleiden, und man hat sie daher zunächst für solche aus der Tertiärperiode gehalten, bis zuerst von Ettinghausen in Graz und später von Wettstein in Wien zeigten, dafs diese Pflanzenreste entschieden von heute noch lebenden Arten herrührten; und anders kann es auch nicht sein, denn es lagert die Breccie nicht blofs auf Moränen auf, sondern unter ihr finden sich auch Ueberreste der heutigen Schneckenfauna. Von Wettstein war es vorbehalten, den auffälligen Charakter der Flora zu erklären; dieselbe stellt keine alpine, sondern eine pontische Pflanzengesellschaft vor. Das grofsblätterige, grofs blühende pontische Rhododendron wucherte zur Zeit der Bildung der Höttinger Breccie im Innthale, 1200 m über dem heutigen Meeresspiegel. Daneben wuchs eine ganze Sippe von Kräutern, deren Heimath im Südosten liegt. Nicht weniger als 50 verschiedene Arten hat von Wettstein bisher unterscheiden können. Eine solche Flora weist bestimmt darauf hin, dafs am Thalgehänge nördlich von Innsbruck schon seit langem das aufsergewöhnlich warme Klima herrscht, welches heute dort angetroffen wird; und dafs dieses wärmere Klima zwischen zwei Zeiten

kälteren Klimas sich einschaltete, lehren eben die Lagerungsverhältnisse der Breccie. Bis zu einer Höhe von fast 2000 m ist sie



Fig. 1. **Gekritztes Geschiebe in Moränenlehm eingebacken aus der alten Moräne von Innsbruck.** (Natürliche Gröfse.)



Fig. 2. **Gekritztes Geschiebe aus den Moränen der Gegend von Villach.** (Natürliche Gröfse.)

von den Moränen des alten Inngletschers bedeckt, erst nach ihrer Ablagerung fand die letzte der drei Vergletscherungen der Ostalpen statt, während welcher die Schneegrenze in den Alpen durchschnittlich nur 1400 m hoch gelegen war. Unter der Breccie lagert eine Moräne des Inngletschers, dessen Findlinge in der Breccie bis zu 1150 m Höhe ansteigen, so dafs man auf eine Vergletscherung des gesamten Innthales schliefsen mufs, welche der Bildung der Höttinger Breccie

vorausging. Aufserdem befinden sich unter letzterer auch die Moränen eines kleinen Gletschers, welcher einst am Nordgehänge des Innthales wurzelte. Dies Gehänge wird gegenwärtig stets ganz schneefrei, und wenn hier bis zu 1220 m Meereshöhe von einer Umrahmung, welche durchschnittlich kaum 2400 m Höhe hat, ein Gletscher herabstieg, so setzt dies eine Höhenlage der Schneegrenze von mindestens 1600 m voraus. Vor Ablagerung der Höttinger Breccie lag daher die Schneegrenze mindestens 1000 m, nach Ablagerung der Breccie min-



Fig. 3. **Gletscherschliff vom Kreuzberge am Weitensee in Kärnten.** (Natürliche Gröfse.) (Die feinen parallelen Linien sind die Gletscherschrammen, die derberen, sich verästelnden, dagegen Sprünge im Gesteine.)

destens 1200 m tiefer als heute; zur Zeit der Bildung der Breccie aber herrschte, wie die Pflanzenreste lehren, ein mindestens ebenso warmes Klima wie gegenwärtig, und daher mufs die Schneegrenze ebenso hoch wie heute gelegen gewesen sein. Es kann daher in der Interglazialzeit, in welcher die Höttinger Breccie entstand, die alpine Vergletscherung nicht so umfangreich gewesen sein wie heute, und sie mufs sich auf die höchsten Grate des Gebirges beschränkt haben.

Wird so für die Alpen unzweifelhaft, dafs während der grofsen Eiszeit kältere Glazialzeiten und wärmere Interglazialzeiten mit einander wechselten, so erhält diese Folgerung auf einem weit entlegenen Theile der Erdoberfläche eine wichtige Stütze, und zwar durch Erscheinungen ganz anderer Art. War die Eiszeit ausgezeichnet durch

einen allgemeinen Wechsel kälterer und wärmerer Perioden, so mufste sich dies auch in anderen Phänomenen äufsern, als in grofsen Vergletscherungen und einem fast gänzlichen Schwinden des Eises. Neben den Gletschern sind die abflufslosen Binnenseen treue Aufzeichner des Klimas. Entsprechend dem Wechsel von Folgen kälterer und wärmerer Jahre schwanken heute Gletscher und Binnenseen in gleicher Weise; einem Gletscherhochstande entspricht ein Seehochstand. Bei der grofsen Analogie der heutigen Klimaschwankungen mit den weit gröfseren und längeren der grofsen Eiszeit mufs man daher förmlich voraussetzen, dafs den enormen Schwankungen im Umfange der eiszeitlichen Vergletscherungen auch solche der Binnenseen entsprachen. In der That ist dies der Fall gewesen, und wiederum hat man dies erkannt, noch bevor man für die Gegenwart der Gleichzeitigkeit von Gletscher- und Seenschwankungen allgemein gewahr ward.

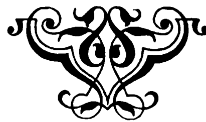
Im fernen Westen Nordamerikas, zwischen den Küstengebirgen, der Sierra Nevada und dem Kaskadengebirge einerseits und dem Wahsatchgebirge andererseits, erstreckt sich das grofse Becken, The Great Basin, eine Hochfläche von etwa 1500 m mittlerer Erhebung. Auf derselben liegen mehrere abflufslose Seen, deren gröfster der Grofse Salzsee ist. Alle diese Seen haben früher einen höheren Stand gehabt. Der Grofse Salzsee war mit seinen Nachbarn zu einem grofsen Wasserspiegel vereinigt, welcher durch den Snake River entwässert wurde. Dies war der Bonneville-See. Mehrere Seen nahe der Sierra Nevada, der Carson-, Winnemuca-, Walker- und Honey-See waren zu dem abflufslosen Lahontan-See vereinigt; hoch angeschwollen waren der isolirte Mono- und Owen-See weiter im Süden. Amerikanische Geologen, Clarence King, Gilbert und Russell haben in den letzten zwanzig Jahren den strengen Beweis führen können, dafs die Hochstände jener Seen mit der Eiszeit zusammenfielen. Die Moränen dreier alter Gletscher des Wahsatch-Gebirges erstrecken sich in das Bereich des Bonnevillesees, vier Gletscherzungen der Sierra Nevada reichen bis in den hochangeschwollenen Monosee, Gletscher- und Seenhochstände waren also im wesentlichen gleichzeitig so wie es von der dargelegten Anschauung über das Wesen der Eiszeit gefordert wird.

Aber hierauf beschränkt sich die Analogie nicht. Nach den Untersuchungen von K. G. Gilbert hat der Bonnevillesee zwei Hochstände gehabt, und gleiches gilt vom Lahontansee und dem weiter südlich befindlichen Monosee nach den Forschungen von Israel C. Russell. Man hat also zwei lakustre Perioden und eine interlakustre im Great Basin zu unterscheiden; während der interlakustren Periode

war der grofse Bonnevillesee, wie Gilbert kürzlich darlegte, ganz ausgetrocknet; dies entspricht genau dem völligen Rückzuge der Alpengletscher während der Interglazialperiode. Diese Seenhochstände im fernen Westen sind nun beide nicht durch ein besonders regenreiches, feuchtes Klima ins Leben gerufen, denn sonst hätten der Lahontan- und Monosee gewifs einen Abflufs gewonnen. Sie waren gleich den heutigen Seen des grofsen Beckens Endseen, welche stets Gebiete bezeichnen, in welchen der Betrag der Verdunstung jenen der Niederschläge übertrifft. Die Anschwellung der Seespiegel kann daher nur einem kalten Klima zugeschrieben werden, das gänzliche Austrocknen des Bonnevillesees nur einer wärmeren Periode, welche sich zwischen zwei kältere einschaltete. Die lakustren und interlakustren Zeiten im Great Basin entsprechen genau den glazialen und interglazialen Zeiten der Alpen, und wenn man hier in Europa drei Kälteperioden und in Nordamerika nur deren zwei unterscheiden kann, so erscheint dies nicht belangvoll. Kann doch erst seit einem Jahre die dreifache Vereisung der Ostalpen als ganz zweifellos gelten, während man seit drei Jahrzehnten schon die Spuren zweier Vergletscherungen kennt.

(Schlufs folgt.)

Anm. d. Red. Bei der Herstellung der zwischen Seite 8 und 9 eingefügten Tafeln zur Darstellung der ehemaligen und heutigen Gletschergebiete sind leider verschiedene Ungenauigkeiten untergelaufen. Wir werden deshalb voraussichtlich in einem der nächsten Hefte einen verbesserten Neudruck dieser Tafeln liefern. Die Red.





Falbs kritische Tage.

Von Prof. J. M. Pernter in Innsbruck.

(Fortsetzung.)

Ich wage es nun auf die Gefahr hin, dafs mir Falb „eine träge Mechanik des Denkens“, „unlogische Untersuchungsmethode“ u. dgl. vorwerfe, die Beweisführungs-Methode Falbs einer Kritik zu unterziehen.

Wir fragen nun vorerst: ist das Eintreffen gewisser Erscheinungen an den vorausgesagten Tagen, den „kritischen Tagen“, ein Beweis dafür, dafs der von Falb behauptete Mondeinflufs, der an diesen Tagen am stärksten ist, die Ursache dieser Erscheinungen sei?

Man wird vielfach geneigt sein, diese Frage bejahend zu beantworten unter der Bedingung, dafs die betreffenden Erscheinungen entweder jedesmal, d. h. an jedem „kritischen Tage“ oder doch wenigstens in der Mehrzahl der Fälle eintreffen. Jedenfalls verneint würde obige Frage werden müssen, wenn die Anzahl der „kritischen Tage“, an welchen die betreffenden Erscheinungen eintreffen, gleich oder gar kleiner als die Anzahl „kritischer Tage“ wäre, an welchen diese Erscheinungen nicht eintreffen.

Es ist keine „träge Mechanik des Denkens“, es ist keine „unlogische Untersuchungsmethode“, wenn man bei der Prüfung der Theorie durch die Thatsachen, diese letzteren allein, ohne an ihnen zu deuteln, sprechen läfst.

Wenn Falb meint, ein Nichteintreffen stets dadurch erklären zu dürfen, dafs in diesen einzelnen Fällen die Wirkung des Mondeinflusses „durch die von der Sonnenwärme in erster Linie abhängigen Witterungsfaktoren maskirt“ werde, so setzt er schon als bewiesen voraus, was erst durch die Thatsachen zu beweisen ist, dafs nämlich in der That ein genügend grofser Mondeinflufs auf das Wetter (die Erdbeben und Grubengasexplosionen) existire. Er glaubt diesen Beweis offenbar durch seine theoretischen Erörterungen erbracht. Allein gerade dies letztere leugnen die fachkundigsten Männer, welche zweifellos

am besten im stande sind, theoretische Auseinandersetzungen zu beurtheilen. Diesem Leugnen gegenüber appellirt nun Falb an die Thatsachen und sobald man an die Thatsachen appellirt, haben diese allein, ohne Deutelung an denselben vornehmen zu dürfen, das Wort.

Nach den Regeln der Wahrscheinlichkeitsrechnung bedeutet nun die gleiche Anzahl Treffer wie Fehler, dafs kein Einflufs, weder für noch gegen, vorhanden ist. Wenn daher Falb aus den Thatsachen, d. h. aus dem Eintreffen bestimmter Erscheinungen an den „kritischen Tagen" seine „meteorologische Theorie" beweisen will, so darf er sich nicht begnügen, eine Anzahl einzelner Fälle aufzuzählen, an denen er Treffer nachweisen kann, sondern er mufs auch zeigen, dafs ihm mehr Treffer als Fehler zur Verfügung stehen. Dann würde natürlich auch je nach dem gröfseren oder geringeren Ueberwiegen der Treffer über die Fehler ein gröfserer oder geringerer Mondeinflufs bewiesen sein. Falb hat es aber konstant abgelehnt, eine Gesamtstatistik der Treffer und Fehler zu liefern, und so haben diejenigen Recht, welche behaupten, er habe noch gar nie den Versuch gemacht, einen exakten Beweis für seine Behauptungen oder, wenn man lieber will, seine „meteorologische Theorie", d. h. für den Mondeinflufs auf das Wetter (Erdbeben, Grubengasexplosionen u. s. w.) zu erbringen.

Die Leser werden nun vielleicht erwarten, dafs ich diese Lücke ausfüllen werde, freilich in der Hoffnung, dadurch den Beweis zu erbringen, dafs Falbs Anschauungen falsch sind. Es ist allerdings richtig, dafs durch den Nachweis, dafs entweder weniger Fälle oder nur gleich viele Fälle Falbscher kritischer Tage „eintreffen" als „nicht eintreffen", der von Falb verfochtene Mondeinflufs der „kritischen Tage" widerlegt wäre. Es ist diese Art der Gegenbeweisführung schon wiederholt angedeutet und auch theilweise durchgeführt worden. Man hat mit Recht darauf hingewiesen, dafs stets nur die Treffer hervorgehoben und in den Zeitungen breit getreten werden, während man bei nicht eintreffenden Fällen schwieg. Ich habe selbst auf diese falsche Methode mehrmals hingewiesen und mehrere eklatante Fälle des Nichteintreffens hervorgehoben. In einem Vortrage über „die modernen Wetterpropheten" habe ich auch eine Zusammenstellung der Bergbehörde gegeben, welche für eine Reihe „kritischer Tage" nachwies, dafs die Gasausströmungen und schlagenden Wetter an denselben ausblieben und in Bezug auf die „kritischen Tage" von 1888 habe ich ebendort nach eigener Zählung behauptet, dafs ebenso viele Treffer als Fehler vorkamen. Ich leugne nun nicht, dafs eine vollständige, auf Beobachtungen gegründete Zusammenstellung für alle

„kritischen Tage" der letzten Jahre erst zu machen wäre — eigentlich von Falb selbst zu machen wäre; denn es ist Sache desjenigen, der etwas behauptet, den Beweis für seine Behauptung zu erbringen. Allein wir befinden uns hier in einer ganz anderen Lage, die unsere Aufmerksamkeit von dieser Zusammenstellung abzulenken geeignet ist. In der That hat man bisher viel zu viel Gewicht dem Nachweise des Eintreffens bestimmter Erscheinungen an den „kritischen Tagen" von Seite Falbs und seiner Anhänger und andererseits auf das Nichteintreffen von Seite derjenigen, welche an Falbs „meteorologischer Theorie" gerechte Zweifel hegen, beigelegt.

Es handelt sich — das mag vorerst paradox klingen — gar nicht darum, ob die betreffenden Erscheinungen an den „kritischen Tagen" Falbs nicht eintreffen, es ist auch noch garnichts für Falb bewiesen, wenn an jedem kritischen Tage ein eklatanter Treffer nachgewiesen wird; was zu beweisen ist, ist vielmehr folgendes: dafs die besagten Erscheinungen und Ereignisse entweder nur an „kritischen Tagen" oder doch an diesen häufiger als an anderen Tagen eintreffen.

Diese Forderung ist leicht durch ein Beispiel klar zu stellen. Sagen wir, es stelle jemand die Behauptung auf — man stofse sich nicht an der Unsinnigkeit derselben, wir exemplifiziren ja nur —, es sei eine spezifische Wirkung des Mondeinflusses an „kritischen Tagen", dafs es an diesen Tagen Nacht wird. Nichts wird ihm leichter fallen, als den Nachweis zu liefern, dafs es in unseren Breiten an jedem kritischen Tage Nacht wird. Niemandem wird es beifallen, dies als einen Beweis dafür anzusehen, dafs das Nachtwerden eine spezifische Wirkung des Mondeinflusses an den „kritischen Tagen" sei, weil jedermann weifs, dafs es an jedem Tage des Jahres Nacht wird. Wenn daher Falb von einer Erscheinung nachweisen könnte, dafs sie an jedem kritischen Tage eintrifft, so müfste er, um exakt vorzugehen, erst beweisen, dafs sie nicht überhaupt an jedem Tage eintrete, ehe er sie als eine Wirkung des Mondeinflusses an den „kritischen Tagen" erklären könnte. Allein von all den eingangs aufgezählten Erscheinungen, wie sie Falb für die „kritischen Tage" charakteristisch erklärt, findet sich nicht Eine, die an jedem „kritischen Tage" eintreten würde. Es entsteht daher zunächst die Frage: wie oft tritt jede dieser Erscheinungen an „kritischen Tagen" ein und wie oft fällt dieselbe auf jeden Tag, der nicht kritisch ist. Nur für den Fall, dafs sie am öftesten auf die „kritischen Tage" fällt, werden die Thatsachen dafür entschieden haben, dafs dieselbe vom Mondeinflusse dieser Tage

mehr oder weniger abhängt, je nach dem Ueberschufs der Häufigkeit des Eintreffens an „kritischen Tagen“ gegenüber den anderen. Um daher hierüber Klarheit zu erhalten ist es durchaus nothwendig, Tag für Tag die ganze Zeitdauer hindurch, die zur Beweisführung herbeigezogen wird, zu verzeichnen, ob die betreffende Erscheinung eingetreten ist oder nicht. Schreibt man dann alle „kritischen Tage“ unter einander und alle 1, 2, 3, 4, 5, 6 eventuell 7 Tage vom „kritischen Tage“ abstehenden Tage immer auch je unter einander und bildet dann die Summe, wie oft die betreffende Erscheinung an „kritischen Tagen“ und wie oft sie an einen Tag vom kritischen Tage abstehenden Tagen, wie oft an zwei Tage, drei Tage u. s. f. abstehenden Tagen eingetreten ist, dann wird man aus diesen Summen erkennen, ob wirklich die Häufigkeit der betreffenden Erscheinung an den „kritischen Tagen“ und in der Nähe derselben gröfser ist als an den anderen vom „kritischen Tage“ weiter abstehenden Tagen. Nur wenn eine solche Zusammenstellung eine Bevorzugung der „kritischen Tage“ und der ihnen näher liegenden ergiebt, ist der Beweis erbracht, dafs ein Mondeinflufs, wie ihn Falb behauptet, auf die betreffende Erscheinung Wirklichkeit ist. Erübrigt dann noch aus der Gröfse des Ueberschusses zu bestimmen, wie bedeutend dieser Einflufs ist.

Dieser Vorgang wird auf jede einzelne der Erscheinungen anzuwenden sein, von welchen Falb behauptet, dafs sie für die „kritischen Tage“ charakteristisch sind. Ist das geschehen, so wird man durch die Zusammenstellung der Resultate für alle Erscheinungen leicht zeigen können, ob die Gesamtheit derselben die „kritischen“ und diesen zunächststehenden Tage bevorzugt.

Nur auf diese Weise ist der in den Naturwissenschaften durchwegs geforderte strenge und exakte Beweis zu erbringen; jede andere Methode läfst Zweifel zurück, gestattet nicht die ganze Sachlage zu durchschauen und berücksichtigt nicht alle Möglichkeiten. Das ist der Grund warum keine andere Methode naturwissenschaftlich exakt zu nennen ist. Aus diesen Gründen haben sowohl andere als auch ich wiederholt Falb aufgefordert, den exakten, streng wissenschaftlichen Beweis für seine Behauptungen über die „kritischen Tage“ zu erbringen. Er war nie dazu zu bewegen und antwortete immer wieder mit der Aufzählung von Fällen, wo die vorhergesagten Erscheinungen an kritischen Tagen eingetroffen sind, und verstieg sich zu der Behauptung, dafs in dieser Sache einzelne Fälle (natürlich eintreffende) beweiskräftig seien, ja er scheute sich nicht die letztere Behauptung dadurch zu bekräftigen, dafs er den Grund dieser Beweiskräftigkeit

ins subjektive Empfinden beim Eintreffen eines vorausgesagten und mit Spannung erwarteten Ereignisses verlegte und an „jeden, der ein Gefühl für Wahrscheinlichkeit“ besitzt, appellirte.

Man wird ohne weiteres zugestehen, dafs durch die oben auseinandergesetzte Methode eine streng wissenschaftliche und exakte Untersuchung der uns beschäftigenden Frage erreicht wird, welche, abgesehen von allen Theorien, nur die Thatsachen sprechen läfst und gestattet, aus dem Verlauf der Thatsachen selbst sowohl die vorhandenen Theorien zu prüfen als auch selbständig und unabhängig Gesetze aufzufinden, welche sich auf den Mondeinflufs beziehen. Aber ebenso wird man nicht anders können als zuzugestehen, dafs Falb sehr bescheidene und sehr leicht zu befriedigende Ansprüche an einen Beweis stellt, und dafs alles, was er bisher als Beweis für seine Theorie vom Mondeinflusse beigebracht hat, weit entfernt ist, einen exakten naturwissenschaftlichen Beweis zu ersetzen. Dieser Mangel an Exaktheit ist aber in unserem Falle durchaus nicht zu entschuldigen, denn will man in der Frage des Mondeinflusses an den „kritischen Tagen“ zur Klarheit kommen, so giebt es kein anderes Mittel, als den exakten wissenschaftlichen Weg einzuschlagen.

Weil nun Falb dazu, wie es scheint, unter keinen Umständen zu bewegen ist, und es dennoch von Werth erscheint, die Wahrheit in dieser Sache zu ermitteln, besonders um die vielen Beunruhigungen, welche durch die Voraussage der „kritischen Tage“ in weiten Kreisen sich geltend machen, entweder wissenschaftlich zu begründen oder aber zu zerstreuen, so habe ich mich der gewifs nicht kleinen Mühe unterzogen, nach der oben dargelegten exakten Methode wenigstens die hauptsächlichsten Erscheinungen, welche den „kritischen Tagen“ nach Falb das Gepräge geben sollen, zusammenzustellen.

Eine solche Zusammenstellung unterliegt nun manchen Schwierigkeiten. Bekanntlich kann die betreffende Erscheinung an irgend einem Orte der ganzen Erde auftreten; nach Falb ist es nun ganz gleichgültig, wo dieselbe sich einstellt; falls sie auf einen „kritischen“ Tag fällt, beweist sie für Falb. Da es uns aber in Europa ziemlich gleichgültig sein kann, ob die verlangten Erscheinungen in anderen Welttheilen an den „kritischen“ Tagen eintreten, wenn sich die „kritischen Tage“ für uns in Europa unbedenklich erweisen, so habe ich mir vorerst zur Aufgabe gestellt, die Vertheilung der von Falb für die „kritischen Tage“ angegebenen Erscheinungen über die Tage eines jeden Monates in Europa zur Darstellung zu bringen. Betreffs der

ganzen Erde habe ich dann eine zweite Zusammenstellung gemacht, von der später die Rede sein wird.

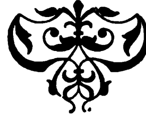
Die Erscheinungen selbst nun, welche der Untersuchung zu unterwerfen sind, haben wir eingangs nach Falb aufgezählt. Ich babe jedoch die unter 6 und 7 angeführten nicht in Untersuchung gezogen, weil sie zu vag und zu weitgehend erschienen und weil man in der Praxis dieselben belanglos finden dürfte. Wie sollte man auch Punkt 6 fassen können? „Einbruch eines mit Wasserdampf gesättigten Südstromes in grofsen Höhen", wenn er sich auch entweder durch plötzliches Thauwetter oder durch einen tiefblauen Himmel verräth. Mir scheint überhaupt dieser „Südstrom" und der in Punkt 7 vorkommende „Nordstrom" nicht sonderlich für Falbs meteorologische Kenntnisse zu sprechen, wie sich in Falbs Schriften überhaupt vielfach zum mindesten bedenkliche meteorologische Darlegungen vorfinden. Punkt 7 ist noch schwerer fafsbar; Cirruswolken oder Wolken von paralleler Querdurchfurchung, Regenböen, Strichregen, „Aprilwetter", all das in einem Athem! Vielleicht legt Falb sehr grofses Gewicht gerade auf diese zwei Punkte — etwa weil darin Erscheinungen genannt sind, welche geeignet scheinen, jeden „kritischen Tag" (der ja auf eine 5-tägige Dauer ausgedehnt wird) zu retten. Sollte dem so sein, so wird gewifs Falb bald eine Untersuchung über diese Punkte 6 und 7 nach dem hier folgenden Muster geben wollen und wir möchten ihm gerne die Gelegenheit lassen, auch eine exakte Arbeit da zu liefern, wo es sich um seine eigene Theorie handelt. Wir und gewifs auch das Publikum, das die kritischen Tage theils fürchtet, theils beobachtet, legen nun einmal auf diese zwei Punkte wenig Gewicht.

Die übrigen Punkte habe ich für Europa der Zusammenstellung unterworfen und zwar habe ich der Wichtigkeit gemäfs Punkt 1 in drei getheilt und 1. „die Häufung der barometrischen Minima oder Depressionen", 2. die „Wirbelstürme", 3. die „vermehrten Niederschläge" untersucht. Die letzteren habe ich dann noch nach drei Richtungen zum Ausdruck gebracht: a) die Ausbreitung der Niederschläge, b) die Niederschlagsmengen, c) die hervorgerufenen Ueberschwemmungen. Auf diese Weise werden für die Untersuchung von Falbs Punkt 1 nicht weniger als fünf Zusammenstellungen gemacht.

Dafür fafste ich, nach geschehener detaillirter Heraushebung jedes der folgenden 4 Punkte, diese letzteren alle unter dem Einen Schlagworte „Ungewöhnliche Erscheinungen" zusammen, da jeder der vier Punkte: „Gewitter im Winter", Schneefälle im Sommer", „Gewitter mit Schneegestöber", „die ersten Gewitter im Frühjahr und der

erste Schnee im Herbste" auf bestimmte Jahreszeiten beschränkt sind, und dabei jeder einzelne Punkt während der drei Jahre 1888, 1889, 1890, die ich allein der Untersuchung unterziehen konnte, viel zu wenig Fälle aufweist, als dafs daraus ein gültiger Schlufs über die Vertheilung derselben gestattet wäre, während ihre Zusammenfassung nicht nur die Sache in letzterer Beziehung besser gestaltet, sondern auch unter dem Titel „Ungewöhnliche Erscheinungen" ganz naturgemäfs erscheint.

(Fortsetzung folgt.)





Ernst Brünnow †. Am 20. August dieses Jahres starb der vornehmlich als Autor eines vortrefflichen Lehrbuches der „sphärischen Astronomie“ in weiten Kreisen bekannte Astronom Brünnow zu Heidelberg, wo er seit 1889 zurückgezogen lebte.



Ernst Brünnow.

Brünnows Leben war ein sehr bewegtes und liefs ihn bald in der alten, bald in der neuen Welt, bald auf dem Kontinent, bald auf dem Inselreich eine Heimath finden. Am 18. Nov. 1821 als Berliner Kind geboren, erhielt er in der Vaterstadt seine Vorbildung und wurde als Student bald einer der eifrigsten Schüler Enckes. Nachdem er 1843 zum Doktor promovirt war, wurde ihm 1847 die Sternwarte zu Bilk bei Düsseldorf, an der gegenwärtig der durch seine zahlreichen Planetenentdeckungen berühmte Prof. Luther wirkt, anvertraut. Hier entstand neben einer Monographie des de Vicoschen Kometen vor allem das durch präzise Klarheit und gedrängte Kürze gleich ausgezeichnete, jetzt in alle europäischen Sprachen übersetzte „Lehrbuch

der sphärischen Astronomie", ein Werk, das seit langen Jahren jedem Jünger der praktischen Sternkunde ein wohlbekannter und lieber Rathgeber ist. — 1851 ward Brünnow an Galles Stelle als erster Gehülfe an die Berliner Sternwarte berufen, wo ihn nun neben der Beobachtungsthätigkeit vor allem die Berechnung von Tafeln für die Bewegungen einiger der wichtigsten von den kleinen Planeten beschäftigte. Schon 1854 aber erfolgte seine Berufung zum Direktor der Sternwarte zu Ann Arbor in Michigan U. S. Hier gab er mehrere Jahre hindurch die Zeitschrift „Astronomical notices" heraus. Der amerikanische Bürgerkrieg trieb ihn indessen 1863 wieder nach Europa zurück und er fand hier auch 1866 als irischer „Astronomer royal" und Professor der Astronomie zu Dublin eine ehrenvolle Anstellung. Auf seiner Sternwarte in Dunsink bestimmte er jetzt namentlich Fixsternparallaxen.

1874 sah er sich wegen geschwächter Sehkraft veranlafst, diese letzte Stellung aufzugeben; die ihm nun noch vergönnten Jahre verlebte er, wesentlich musikalischen Neigungen sich hingebend, in Basel Vevey, Oxford und schliesslich in Heidelberg, wo sein einziger Sohn Professor der orientalischen Sprachen ist. Ein Herzschlag machte seinem reichen Leben ein Ende, während er sich zu einer Reise nach der Schweiz rüstete.



Das Eisenspektrum als Vergleichspektrum bei spektrographischen Aufnahmen. Während bis vor kurzem zur Ermittlung der durch Bewegung im Visionsradius erzeugten Linienverschiebung in Sternspektren stets nur die Linie Hγ, welche bekanntlich dem Wasserstoffspektrum angehört und durch Geifslersche Röhren leicht über dem Sternspektrum künstlich erzeugt werden kann, als feste Vergleichslinie angewendet wurde, hat Geheimrath H. C. Vogel neuerdings, wie er der Berliner Akademie im Mai d. J. mittheilte, zu dem gleichen Zwecke mit Erfolg auch das Eisenspektrum angewandt, das er durch Ueberspringen des elektrischen Funkens zwischen Elektroden von Klaviersaitendraht erzeugte. Namentlich bei den Sternen des ersten Typus, bei denen die Wasserstofflinien breit und verwaschen erscheinen, ist nämlich die genaue Einstellung der Mitte der dunklen Hγ-Linie im Sternspektrum schwierig, zumal dieselbe von der hellen künstlichen Linie durchzogen ist. Die feinen Eisenlinien, die das Spektrum hellerer Sterne vom ersten Typus aufserdem noch aufweist, bieten daher einen sehr guten Ersatz zur Bestimmung der Linienverschie-

bung. Die Möglichkeit der Ausbeutung der Eisenlinien ist auch namentlich darum sehr werthvoll, weil dieselben zahlreich sind und dementsprechend die einzelne Platte durch die an vielen Stellen auszuführende Messung einen höheren Werth gewinnt. So konnte H. C. Vogel z. B. im Siriusspektrum an 15 verschiedenen Eisenlinien die Verschiebungsgröfse ermitteln und fand als Mittelwerth aus den Messungen an drei Aufnahmen eine auf die Sonne zu gerichtete Bewegungsgeschwindigkeit von 1,96 geogr. Meilen, in guter Uebereinstimmung mit dem zuvor durch Messungen an der Hγ-Linie gefundenen Werthe von 1,73 geogr. Meilen. Dieser letztere Mittelwerth stützte sich aber auf die unter Anwendung eines besonderen Kunstgriffes bewerkstelligte Ausmessung von 10 Platten. Es ist bemerkenswerth, dafs durch die Potsdamer spektrographischen Beobachtungen sonach eine langsame Annäherung des Sirius gegen die Sonne erwiesen ist, während man früher auf Grund der direkten Messungen der Linienverschiebung dem Sirius eine schnelle, ihn von der Sonne fortführende Eigenbewegung zuschrieb. Es tritt hier eben wieder die Ueberlegenheit der spektrographischen Methode deutlich zu Tage. F. Kbr.



Der meteorologische Dienst in den Vereinigten Staaten von Nord-Amerika hat eine bedeutsame Veränderung dadurch erfahren, dafs er seit dem ersten Juli dieses Jahres nicht mehr dem Departement des Krieges, sondern dem der Landwirthschaft unterstellt ist. Zum Leiter des „weather bureau" — dieser Name ist an die Stelle der bisherigen Bezeichnung „chief signal office" getreten — ist Mark W. Harrington ernannt, welcher seit 1878 Direktor des astronomischen Observatoriums in Ann Arbor, Michigan, war.

Die meteorologische Thätigkeit des „chief signal office" begann mit dem Jahre 1870, als der General Myer den Auftrag erhielt, Witterungsbeobachtungen anstellen zu lassen, um die nördlichen Seendistrikte und die Meeresküste von dem Herannahen der Stürme in Kenntnifs setzen zu können. Mit echt amerikanischer Schnelligkeit entwickelte sich hieraus in wenigen Jahren ein Sturmwarnungssystem für das ganze Gebiet der Vereinigten Staaten. Infolge seiner grofsartigen und praktischen Einrichtungen, der reichen Geldmittel und der militärisch geschulten Beobachter erregte das Institut bald in Europa allgemeines Aufsehen und wurde vielfach als Muster dargestellt. In Amerika selbst war man jedoch nicht so unbedingt von der Zweck-

mäfsigkeit einer militärischen Organisation überzeugt, und namentlich 1887, nach dem Tode des Generals William B. Hazen, des Nachfolgers von Myer, wurde von wissenschaftlichen Gesellschaften und in Zeitschriften die Lostrennung des Instituts vom Kriegsdepartement lebhaft befürwortet. Trotzdem die Berechtigung solcher Wünsche auch von militärischer Seite gelegentlich anerkannt wurde, hat sich die Verwirklichung des Planes bis zu diesem Jahre verzögert.

Aus einigen allgemeinen Instruktionen für die Beobachter des neuen Wetter-Amtes, sowie aus mehreren Vorschlägen, welche Herr Harrington schon früher (American Meteorological Journal, April 1891) gemacht hat, ist zu entnehmen, dafs umfassende Neuerungen bevorstehen. Zunächst sollen die in Washington verausgabten Witterungs-Aussichten, welche sich als zu wenig eingehend für das weite Gebiet des Staates erwiesen haben, durch Lokal-Prognosen für die verschiedenen Distrikte ergänzt werden. Diese Prognosen werden an den Hauptstationen solcher Bezirke von den Beobachtern aufgestellt. Hiermit im Zusammenhang steht, dafs die Einrichtung von 51 Stationen erster Ordnung beschlossen ist, — Stationen, an denen mindestens stündlich Luftdruck, Temperatur, Windgeschwindigkeit und Windrichtung beobachtet oder selbstthätig aufgezeichnet wird. Bisher gab es in den Vereinigten Staaten nur zwei derartiger Observatorien, beide ohne Beziehung zum chief signal office. Auch die Errichtung zahlreicher Regen- und Gewitterstationen steht zu erwarten, da fortan nicht nur die synoptische Meteorologie, sondern auch die bisher stark vernachlässigte Klimatologie gepflegt werden soll.

Bemerkenswerth ist noch, dafs sich der Fonds des Instituts wesentlich vergröfsert hat; er ist gegen das Vorjahr von 816 956 Doll. auf 879 753,50 Doll. (ca. 3 700 000 M.) gewachsen. Man ist daher wohl berechtigt, grofse Hoffnung auf die Förderung der Meteorologie in Nord-Amerika zu setzen. Sg.



Die Theorien der Farbenwahrnehmung.[1]

In der Physiologie besteht ein Gesetz, welches man das „Gesetz der spezifischen Nervenenergie" nennt und das besagt, dafs eine bestimmte Nervenfaser infolge von Reiz im Zentralorgan (Gehirn) nur eine bestimmte Empfindung auslöst, ganz unabhängig von der Art des Reizes, welcher das periphere Ende der Nervenfaser angeregt hat. Da die Nervenphysiologie diesen Satz als Fundamentalgesetz acceptirt hat, so

[1] Vergl. Fleischl, Biolog. Centralblatt, I.

bereitet es Schwierigkeiten, damit unsere Farbenempfindung in Einklang zu bringen. Hat man z. B. ein weifses Feld, in dem eine rothe Linie gezogen ist, so fallen bekanntermafsen von den einzelnen Punkten der rothen Linie Bilder auf die Netzhaut und veranlassen, dafs die rothe Linie wahrgenommen wird. Man stellt sich dabei vor, dafs in der Netzhaut Nervenenden von der rothen Farbe erregt werden, dafs dann die Erregung nach einem bestimmten Theil des Gehirns geleitet wird und hier zum Bewufstsein gelangt. Denkt man sich nun an derselben Stelle des weifsen Feldes, wo die rothe Linie war, eine grüne, so wird jetzt das grüne Licht den Platz des rothen auf der Netzhaut und den Nervenendigungen der Netzhaut einnehmen. Nach dem angeführten Gesetz der spezifizirten Energie mufs dann der im Gehirn infolge der Erregung der Nerven hervorgerufene Effekt der gleiche bleiben, wie vorher bei dem rothen Licht; es würde mithin unverständlich sein, wie die Erregung einer bestimmten Nervenendigung der Netzhaut in einem Falle die Vorstellung von etwas Rothem und im anderen die Erregung der nämlichen Nervenendigung die Vorstellung von etwas Grünem hervorrufen kann.

Diesen Widerspruch zu lösen unternahm Young und nach ihm Helmholtz, so dafs eine Theorie entstand, welche man als die Young-Helmholtzsche bezeichnet. Nach derselben werden drei verschiedene farbenempfindende Nervenendigungen als in der Netzhaut vorhanden und durch einander gemischt angenommen. Die physikalischen Erwägungen und Untersuchungen hatten das Resultat ergeben, dafs man mit drei Grundfarben auskommen könne, um alle von uns wahrgenommenen Farben aus ihnen abzuleiten. Man sagt deshalb, es giebt Nervenendigungen, die, so oft sie gereizt werden, im Gehirn eine bestimmte Farbenempfindung ergeben; andere Endigungen, die in derselben Weise eine andere bestimmte Farbenempfindung, und drittens wieder andere, die eine dritte bestimmte Farbenempfindung im Gehirn bewirken. Wenn man im Sonnenspektrum ziemlich weit auseinander liegende Farben als die Farbenelemente wählt, so ist es ziemlich gleich, welche man aussucht, um die verschiedenen Farben aus ihnen abzuleiten. Young entschied sich für Roth, Grün und Violett. Mithin müssen nach ihm in der Netzhaut Nervenendigungen vorhanden sein, durch deren Erregung Roth, Grün und Violett im Gehirn empfunden wird.

Dafs wir nach dieser Theorie eine rothe Farbe als solche empfinden, ist leicht begreiflich; das Gleiche gilt von Grün und Violett. Auch dafs wir recht feine rothe, grüne und violette Objekte wahrzunehmen

vermögen, ist verständlich, denn der dritte Theil aller Nervenendigungen steht für die Wahrnehmung der rothen resp. grünen resp. violetten Farbe zur Verfügung. Die Empfindung des Gelb, Blau etc. erscheint dagegen schwieriger zu erklären. Um eine solche Erklärung zu geben, mufs man sich vorstellen, jede der drei verschiedenen Faserarten wird nicht blofs dann erregt, wenn Licht von einer bestimmten, ihr zukommenden Wellenlänge einwirkt, sondern auch in dem Falle, wenn Licht von etwas verschiedener Wellenlänge auf die Faser fällt. Etwas Analoges läfst sich an einer Stimmgabel wahrnehmen. Nimmt man nämlich eine Stimmgabel von bestimmtem Ton und schlägt man diesen Ton an, so tönt die Gabel mit; sie thut aber ein Gleiches, wenn auch schwächer, falls ein von der Gabel etwas verschiedener Ton erzeugt wird. Durch rothes Licht wird nun also die roth empfindende Faser am stärksten erregt, durch Licht von etwas verschiedener Wellenlänge, z. B. durch gelbes, etwas schwächer, durch blaues und violettes noch schwächer. Aber stets ist der Effekt, den eine Erregung der roth empfindenden Faser im Gehirn veranlafst, roth, mag diese Erregung auch hervorgebracht werden durch Licht von einer beliebigen anderen Wellenlänge (Farbe). Es kommt nur darauf an, dafs dieses Licht überhaupt im stande ist, die roth empfindende Faser in den Zustand der Erregung zu versetzen. Die Unterschiede liegen nur in der Stärke der Erregung. Fällt ein Licht, so fährt die Theorie fort, von solcher Wellenlänge auf unsere Netzhaut, welche der uns gelb erscheinenden Stelle des Spektrums entspricht, dann hat man sich vorzustellen, dafs die Empfindung gelb das Resultat ist von der ziemlich gleich starken Erregung der roth und grün empfindenden Fasern. Die Empfindung gelb ist also nicht eine elementare Sinnesempfindung, sondern ein Produkt aus zwei verschiedenen Empfindungen. Blau soll durch gleich starke Erregung der grün und violett empfindenden Fasern entstehen.

Die Young-Helmholtzsche Theorie hat man natürlich nicht blofs mit jenen Fundamentalerscheinungen des Sehens, sondern auch mit den verschiedenen Einzelheiten auf dem Gebiet der physiologischen Optik in Einklang zu bringen gesucht. Eine solche ist z. B. die Erscheinung der Nachbilder. Sieht man nämlich z. B. einen rothen Gegenstand längere Zeit an und blickt nachher auf eine weifse oder graue Fläche, so sieht man dasselbe Bild, aber in komplementärer Farbe, also hier in Blaugrün. Die Theorie beantwortet diese Frage nun in der Weise, dafs nach ihr das rothe Licht die roth empfindenden Fasern stark erregt und ermüdet hat, während die Erregung und

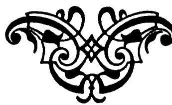
damit die Ermüdung bei den übrigen Fasern nur eine geringe war. Ferner erregt weifses Licht alle Fasern gleich stark oder graues alle gleich schwach. Wenn nun das Auge mit den ermüdeten roth empfindenden Fasern auf grau oder weifs blickt, während die grün und violett empfindenden Strahlen noch frisch sind, so wird das weifse (oder graue) Licht die roth empfindenden Fasern nicht zu erregen vermögen, sondern nur noch die grün und violett empfindenden, so dafs man die Empfindung jener komplimentären Farbe erhält.

In neuerer Zeit ist der Young-Helmholtzschen Theorie eine andere gegenüber getreten. Es ist dieses die von Hering aufgestellte Farbentheorie. Dieselbe vertritt die Ansicht, dafs wir an irgend einer Stelle im Sehnervenapparat — wo, läfst er dahingestellt sein — Substanzen besitzen, welche durch Einwirkung des Lichts Veränderungen erfahren. Erstlich wird eine „schwarzweifse“ Substanz angenommen. Wird diese durch Einwirkung des Lichts zersetzt (dissimilirt), so empfinden wir weifs; wird sie neu gebildet (assimilirt), so sehen wir schwarz oder besser grau, denn Hering meint, dafs das, was wir schwarz nennen, grau ist. Weifsliches Licht erscheint mithin als solches. Farbiges hat allemal auch nebenher eine dissimilirende Wirkung, so dafs die betreffende Farbe hell (weifslich) erscheint. Schliefsen wir die Augen, so tritt Assimilirung der Substanz ein und wir sehen schwarz (grau). Aufser der „schwarzweifsen“ giebt es auch noch eine „rothgrüne“ und eine „gelbblaue“ Substanz, welche durch Zersetzung resp. Assimilirung die eine resp. die andere Farbe liefern.

Schon aus dieser flüchtigen Skizzirung der Erklärungen für unsere Farbenwahrnehmung wird ersichtlich sein, wie sehr dieselben das Gepräge des Hypothetischen an sich tragen, und es wird den Leser vielleicht in Verwunderung setzen, dafs jener so einfach erscheinende biologische Prozefs zu den schwierigsten naturwissenschaftlichen Problemen gehört.

J. Dewitz.

Berichtigung. S. 52 letzte Tabelle. In der Ueberschrift der dritten Columne lies „Bew.“ statt „Bar.“.





G. Coordes, Kleines Lehrbuch der Landkartenprojektionen. Zweite verbesserte und vermehrte Auflage von Dr. phil. S. Koch. Kassel 1891. Verlag von Ferdinand Keſsler.

Das vorliegende Werkchen ist ein Versuch, die Hauptlehren von den Kartenentwürfen, soweit deren Kenntniſs für die Herstellung von Erd- und Himmelskarten als unerläſslich bezeichnet werden muſs, in gemeinverständlicher Form, ohne Zuhilfenahme der mathematischen Analyse, zur Darstellung zu bringen. Der Verfasser ist deshalb bestrebt gewesen, durchaus jede Formel auszuschlieſsen, muſs dieselben dann aber an einigen Stellen durch tabellarisch angeordnete Zahlenwerthe ersetzen. Nachdem die an ein Kartennetz zu stellenden Anforderungen in Kürze aufgezählt und die üblichen Entwürfe des Kugelabbildes in die gröſseren Gruppen der perspektivischen Projektionen, der Kegelprojektionen einschlieſslich der Cylinderprojektionen, der äquivalenten und der konformen Abbildungen eingereiht sind, werden diese einzelnen Abbildungsweisen systematisch nach ihrer Entstehung und Herstellung behandelt, sodann eingehend ihre Vortheile und Nachtheile gegenüber anderen Projektionsarten besprochen. Soweit die Konstruktion Schwierigkeiten macht, sind kleine Tafeln der ebenen Koordinaten der zu projizirenden Punkte, im Argument von Grad zu Grad der geographischen Länge und Breite fortschreitend, beigegeben. Auch der vermittelnden Entwürfe, welche die Verzerrung des Kartenbildes möglichst verringern sollen, ist mit einigen Worten gedacht und die besondere Wichtigkeit des Tissotschen Entwurfs betont worden.

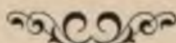
Im zweiten Theile behandelt der Verfasser die verschiedenen Hilfsmittel, welche bei Reliefdarstellungen eines Landes für die Kennzeichnung der Terrainverhältnisse, z. B. der Bodenerhebungen, der Gefälle, der Meerestiefen und Meeresströmungen, der Bewaldung u. s. w. im Gebrauch sind.

Wie auch das Vorwort besagt, ist das Buch durchaus nicht bestimmt, die ausführlichen neueren Werke über Kartenprojektionen, in denen streng analystisch die besten Abbildungsarten ermittelt und bezüglich ihrer Verzerrungsverhältnisse untersucht werden, zu ersetzen oder entbehrlich zu machen; es will lediglich das Verständniſs für die mannigfaltigen gebräuchlichen Darstellungen der Erdoberfläche erleichtern und dadurch u. a. die irrigen Ansichten über die Gröſsenverhältnisse der durch starke Randverzerrung in ihrer wahren Gestalt beeinfluſsten Gebiete des Festlandes beseitigen. Dieser Zweck dürfte durch die präcise, aber knappe Darstellung in vollkommener Weise erreicht werden. G. W.



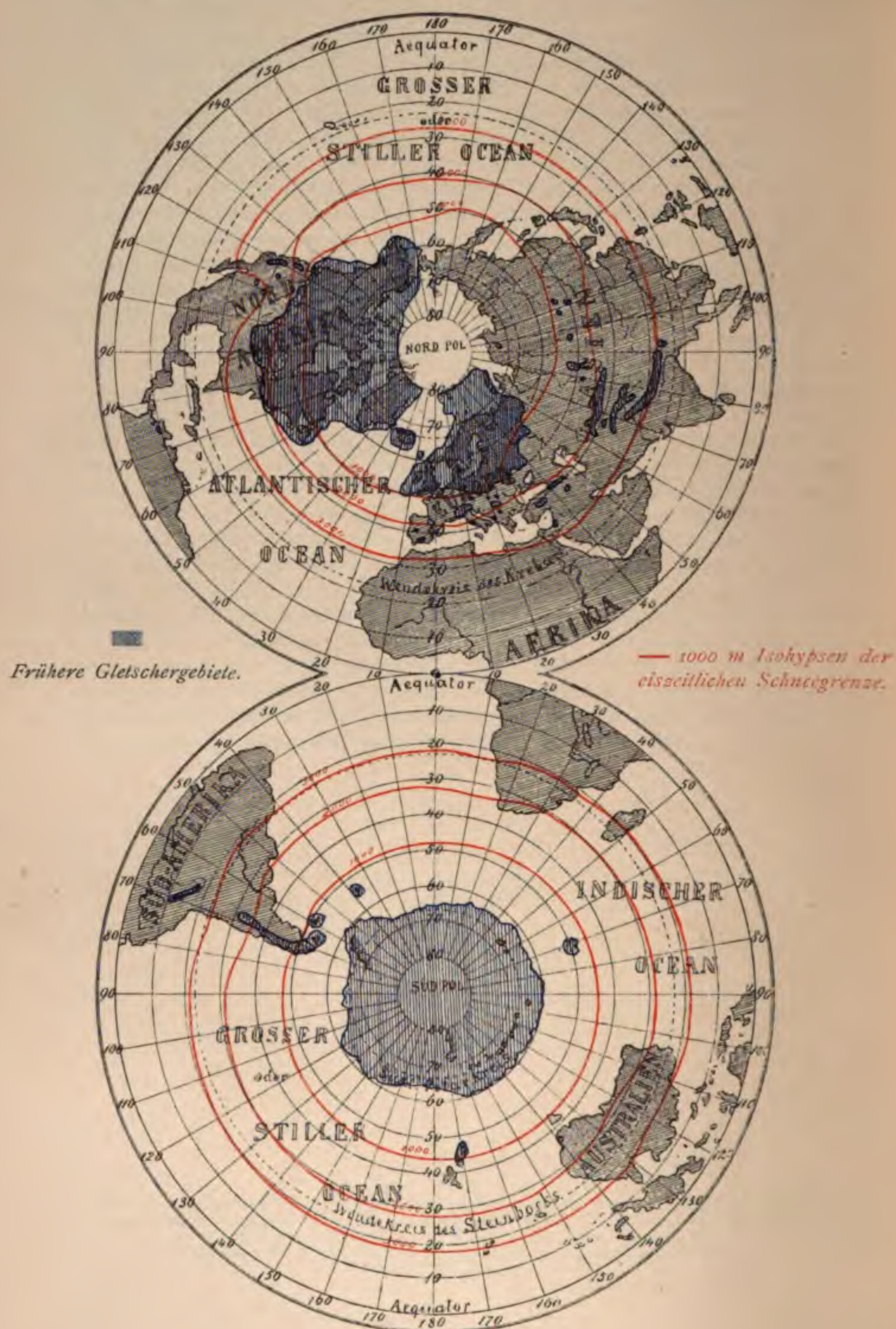
H. W. Vogel, Handbuch der Photographie. Bd. I (Photochemie und Beschreibung der photographischen Chemicalien. Preis 10 M.) und Bd. IV (Photographische Kunstlehre. Preis 6 M.). Berlin 1891, R. Oppenheim.

Das in weiten Kreisen bekannte und geschätzte Handbuch H. W. Vogels ist bei seiner neuesten, vierten Auflage, in vier einzeln käufliche Bände zerspalten worden, was einmal durch den überaus stark angewachsenen Umfang, andererseits aber auch durch den Umstand erwünscht schien, dafs nicht jeder Liebhaber der Lichtbildkunst sich in gleichem Maafse für die verschiedenen in das Gebiet der Photographie einschlagenden Kenntnifsgruppen interessiren dürfte. Die photographische Optik und Chemie z. B. werden vielen Freunden der Photographie, die mit einem einzigen Objectiv und einer bestimmten Entwicklungsmethode zu arbeiten gewohnt sind und zu vielseitiger Ausbildung nach dieser Richtung hin keine Zeit zur Verfügung haben, weniger anziehend erscheinen, als die Kunstlehre, deren Regeln ein jeder, der Freude an seinen Versuchen haben will, zu beachten gezwungen ist. Vogels Kunstlehre ist sogar ein Buch, das jeder, der überhaupt für künstlerische Naturauffassung Sinn besitzt, auch wenn er selbst nicht praktischer Photograph ist, mit grofsem Vergnügen lesen wird. Vor allem sei es aber den Liebhabern der Photographie als wichtige Ergänzung zu jeder praktischen Anleitung dieser Kunst aufs wärmste empfohlen, denn die praktische Thätigkeit wird auf Grund derartigen Studiums nicht blos um vieles erfolgreicher, sondern auch vor allem anregender und an sich befriedigender; gilt es doch mit Recht als ein Hauptvortheil des photographischen Dilettantismus, dafs er ebenso wie die nicht jedem zugängliche Malerei uns erst richtig sehen und das Schöne mit Bewustsein empfinden lehrt. Vogels Buch ist in aufserordentlich reichem Mafse mit Heliogravuren, Lichtdrucken, Holzschnitten etc. ausgestattet, sodafs kaum eine einzige Lehre der passenden Exemplifikation durch eine Illustration ermangelt. Diese instruktiven Beispiele sind gröfstentheils der Praxis, resp. der in den Meisterwerken hervorragender Künstler vorliegenden Mustersammlung entlehnt und setzen sich nur zum kleineren Theil aus eigenen, ad hoc zur Kenntlichmachung gewisser typischer Fehler entworfenen Zeichnungen zusammen. F. Kbr.

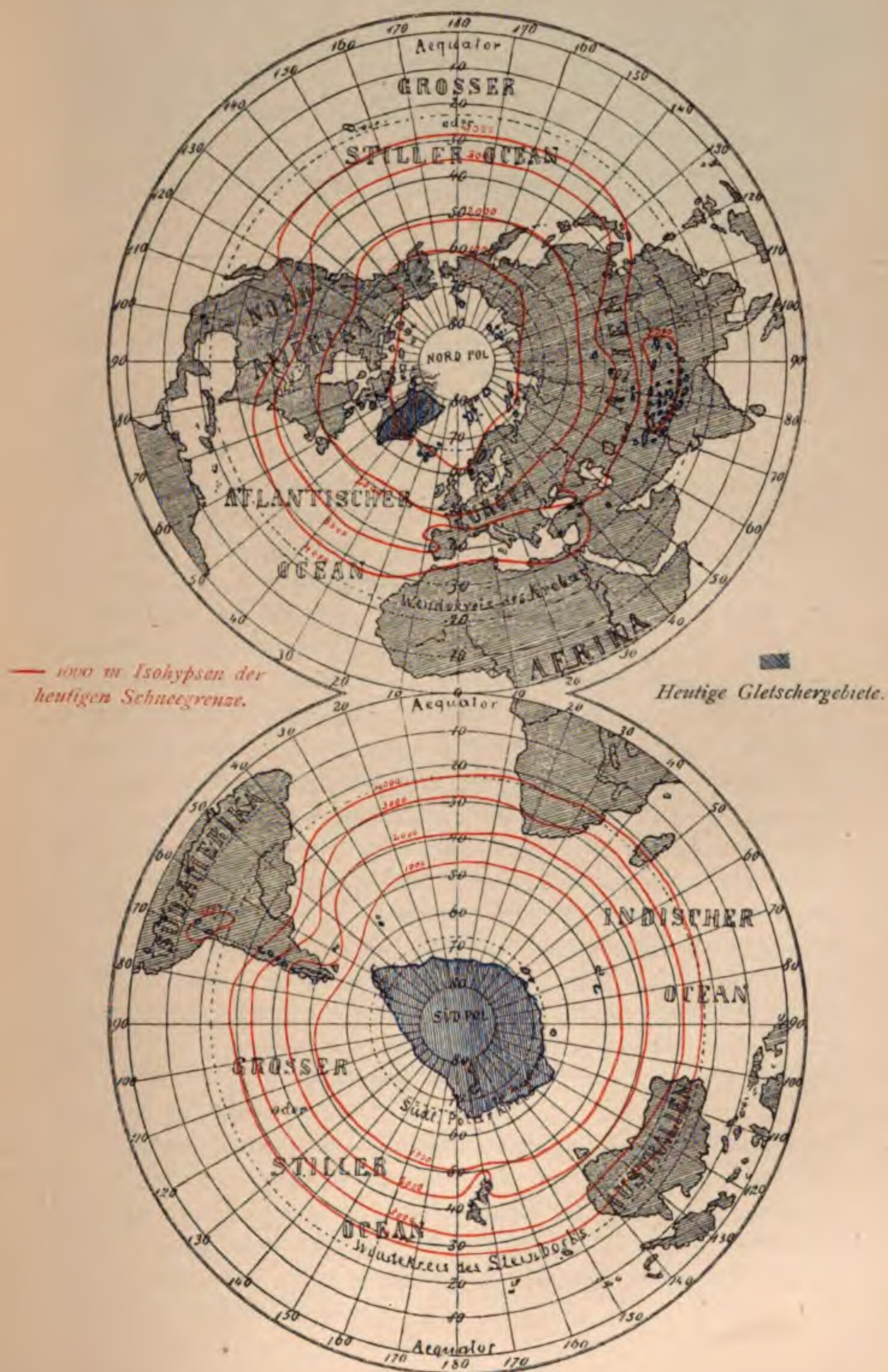


Verlag von Hermann Paetel in Berlin. — Druck von Wilhelm Gronau's Buchdruckerei in Berlin.
Für die Redaction verantwortlich: Dr. M. Wilhelm Meyer in Berlin.

Die hauptsächlichsten früheren Gletschergebiete der Erde.



Die hauptsächlichsten heutigen Gletschergebiete der Erde.





Die Erwärmung der Erdoberfläche durch die Sonne.

Von **Dr. W. Zenker.**

Nichts kann die ungeheure Gluthfülle des Sonnenkörpers deutlicher beweisen, als die Thatsache, dafs durch ihre Ausstrahlung über einen Zwischenraum von zwanzig Millionen Meilen hinweg unsere Erde alle jene Wärme empfängt, welche Meer und Land durchwärmt, die Klimate bestimmt, den Wechsel der Jahreszeiten und die Vorgänge der Witterung verursacht und überall das Leben der organischen Welt bedingt.

Zwar verbindet sich mit ihr noch die aus dem Innern der Erde empordringende Wärme, sowie eine geringe Einstrahlung aus den Gestirnen, und diesen drei vereinigten Wärmequellen entgegen wirkt die unausgesetzte Wärme-Ausstrahlung des ganzen Erdballs in den umgebenden Weltraum. Da man weder ein fortschreitendes Erkalten der Erde noch eine fortschreitende Steigerung ihrer Gesamt-Temperatur beobachtet, so stehen Einstrahlung und Ausstrahlung offenbar in einem gewissen Gleichgewicht zu einander, welches indessen keineswegs immer vorhanden gewesen sein mag. Im Gegentheil erkennt man an den Ueberresten von Organismen aus früheren Perioden der Erdbildung, dafs in vielen Gegenden damals höhere Temperaturen geherrscht haben müssen als heutzutage. Auch das Entgegengesetzte ist der Fall, wie z. B. die grofse Ausbreitung der Gletscherwirkungen in Europa beweist.

Welchen Antheil an den gegenwärtigen Klimaten des Erdballs die Sonnenwärme hat, ergiebt sich aus der Betrachtung, dafs die Wirkungen der inneren Erdwärme sowie der Sternenwärme zwar nicht an jedem Orte der Erde, aber doch zu jeder Zeit des Jahres gleich sein müssen. Die Sonnenwärme dagegen wechselt im Laufe

des Jahres von einem Minimum im Winter zu einem Maximum im Sommer und wieder zum Minimum zurück, und dieses Minimum besteht in den polaren Gegenden in einem völligen Verschwinden der Sonnenstrahlung. Die Temperaturen also, welche man während der langen Winternacht in den polaren Gegenden findet, zeigen, wie ohne Mithülfe der Sonne das Erdklima beschaffen sein würde; um wieviel tiefer aber müfste die Temperatur noch sinken, wenn die Sonne auf längere Zeit oder gar für immer aufhörte, ihre erwärmenden Strahlen zu senden.

Alle Temperatur, welche über diesen tiefsten Kältegraden liegt, und daher die ganze Mannigfaltigkeit der Klimate und das Gedeihen der organischen Welt, verdanken wir dem Einflusse der Sonne.

Die ehemals herrschende Ansicht, dafs die Wärme erst da entstehe, wo die Erdoberfläche von den Sonnenstrahlen getroffen werde, die Sonne selbst aber kalt sein könne, ist längst als Irrthum erkannt. Wie man, in einen Ofen hineinblickend, dessen eigene hohe Temperatur erkennt an der aus ihm hervorstrahlenden Wärmemenge, so beweist auch die von der Sonne ausgehende Strahlengluth, dafs der Sonnenkörper mindestens die Temperatur der heifsesten Schmelzöfen haben müsse. Ein Brennspiegel, der in seinem Brennpunkte die auf ihn fallenden Sonnenstrahlen sammelt, macht auch die am schwersten zu schmelzenden Metalle zerfliefsen, und doch ist seine Wirkung nur die, die Temperatur der Sonnenfläche, und auch nur annähernd, auf das Metall im Brennpunkte zu übertragen. Ja! aus den Beobachtungen des Sonnenspectrums ergiebt sich auf das unzweifelhafteste, dafs fast alle irdischen Metalle als Dämpfe in der Sonnenatmosphäre enthalten sind. So erscheint also die Sonne nicht mehr als fester kalter Körper mit leuchtender Umhüllung, sondern als ein Ball glühender Dämpfe und Gase, welche im wilden Auf- und Niederwogen immer neue Massen an die Oberfläche bringen, die ihre Gluth nach allen Seiten hin in den weiten Weltraum ausstrahlen.

Um die erwärmende Kraft der Sonnenstrahlen zu messen, hat der französische Physiker Pouillet ein flaches Blechgefäfs (Pyrheliometer) ihnen senkrecht entgegengekehrt, auf der Vorderseite berufst, weil der Rufs alle Wärmestrahlen aufnimmt, innen gefüllt mit destillirtem Wasser, dessen Erwärmung in einer genau bestimmten Zeit durch ein Thermometer gemessen wurde. Später haben auch andere Gelehrte mit veränderten Apparaten ähnliche Messungen ausgeführt. Immer fand man, dafs die Wirkung der Sonnenstrahlen um so kräftiger war, je näher dem Zenith die Sonne stand, d. h. je kürzer der Weg

war, den die Strahlen durch die Luft zu machen hatten. Offenbar wurde ihnen durch die Luftmoleküle ein Theil ihrer Kraft entzogen, eine Thatsache, die sich auch dadurch bestätigt, dafs auf Gebirgshöhen, mitten zwischen Gletschereis und Firnschnee die Kraft der Sonnenstrahlen eine gröfsere ist als im Thale. Es ist bekannt, dafs man bei Hochgebirgsfahrten ganz besonders Sorge tragen mufs, sich gegen die Blendung durch den Schnee und gegen den Sonnenstich zu schützen. Licht und strahlende Wärme folgen vielfach denselben Gesetzen und sind beide in den höheren Regionen der Atmosphäre intensiver als unten.

Die Abschwächung der Sonnenstrahlen durch die Atmosphäre — das ergaben die erwähnten Versuche, die natürlich nur bei klarster Luft angestellt wurden — beträgt vom Zenith aus etwa ein Viertel, und darnach konnte man berechnen, wie grofs die Wärmewirkung der Sonnenstrahlen sein würde, wenn die Erde keine Atmosphäre hätte. Man fand, dafs in diesem Falle durch die auf eine berufste Fläche von 1 cm im Quadrat senkrecht einfallenden Sonnenstrahlen 1 gr Wasser in einer Minute um etwa 2,1° C. erwärmt werden würde, (es ist dies von mehreren abweichend gefundenen Zahlen die wahrscheinlichste Mittelzahl). Gäbe es also einen Ort auf der Erde, über dem das ganze Jahr hindurch die Sonne im Zenith stände, so würde die jährlich auf ihn einfallende Sonnenwärme genügen, um eine Eisschicht von 146 m Dicke abzuschmelzen.

Dafs es einen solchen Ort in Wirklichkeit auf der Erde nicht giebt, ist bekannt. Auch wo die Sonne den Scheitelpunkt erreicht, verweilt sie in ihm doch nur einen Augenblick, um sich alsbald wieder niederzusenken, dann aber fallen ihre Strahlen schief auf den Erdboden. Die strahlende Kraft wird aber immer mehr vermindert, je mehr sich die Sonne dem Horizonte nähert, nicht allein wegen der oben schon erwähnten Abschwächung durch die Luft, sondern in noch höherem Grade, weil sich die gleichen Mengen von Strahlen über immer gröfsere Flächen ausdehnen müssen. Das zeigen uns Abends „der Bäume gigantische Schatten“, indem sie beweisen, auf wie grofse Flächen sich die Sonnenstrahlen vertheilen würden, wenn sie nicht zuvor senkrecht auffallend von den viel kleineren Flächen der Bäume zurückgehalten würden. Endlich versinkt die Sonne unter den Horizont und die Nacht tritt ein, welche die Wirkung der Sonnenstrahlen gänzlich unterbricht. Und diese Unterbrechung beträgt im Laufe des Jahres die volle Hälfte der Zeit.

So stellen sich denn die wirklichen Wärmemengen, welche in

einem Jahre auf die einzelnen Punkte des Erdballs niederstrahlen, sehr viel niedriger, als die oben angegebene Zahl ausdrückt. Dieselben würden hinreichen eine Eisschicht abzuschmelzen: am Aequator von 38 m, in 50° Breite von 23 m und am Nordpol von 13 m Dicke. Vor dem Mifsverständnifs, dafs wirklich in jedem Jahre am Nordpol eine Eisschicht von 13 m Dicke abschmelze, ist es wohl nicht nöthig zu warnen. Es sind ja auch Ursachen vorhanden, dort immer wieder Eisschichten zu erzeugen, oder — was dasselbe ist — die Abschmelzung zu verhindern. Ich habe bereits oben erwähnt, dafs alle von der Sonne her aufgenommene Wärme dem Erdball wieder verloren geht durch die Ausstrahlung in den Weltraum. Und diese ist in den polaren Gegenden mehr als genügend, um die Wirkung der Sonnenstrahlen völlig aufzuheben. Daher bleibt im Polargebiet alljährlich ein Ueberschufs von Kälte, der sich in Gestalt ungeheurer Züge von Eisbergen den wärmeren Gegenden des Erdballs mittheilt, während mächtige warme Meeresströme vom Aequator bis hoch hinauf gegen den Pol nach Norden vordringen.[1])

Doch nicht blofs im Norden finden wir die gröfsere Kälte, sondern auch im Osten. Der Westen des grofsen Kontinents der alten Welt, also besonders das von uns bewohnte Europa, ist von der Natur so begünstigt, dafs wir unter gleicher geographischer Breite nirgends eine so hohe und wohl vertheilte Wärme finden. Reisen wir von hier aus, dem Breitenkreise von Berlin folgend, nach Osten, so bleibt zwar in der Mitte des Sommers die Wärme auf derselben Höhe, ja sie steigt noch um einige Thermometergrade aufwärts, wenn wir nach Rufsland und nach Asien eindringen bis fast an die Ostküsten desselben, die erst wieder durch den Hauch des stillen Ozeans Kühlung erhalten. Ganz anders aber in der Mitte des Winters, in welchem bei uns etwa — 1° C. herrscht. Schon an der Russischen Grenze haben wir — 4°, bei Moskau — 10°, am Uebergange nach Asien — 14°, von dort bis zum Baikalsee — 19° und jenseit desselben kommen wir in Gebiete, wo die Durchschnittstemperatur des ganzen Januar — 30°, ja — 40° C. beträgt. Welch ein Gegensatz! Auf den Inseln nächst der Küste des Stillen Ozeans finden wir — 18°,

[1]) Es ist übrigens bemerkenswerth, dafs im Laufe des Jahres innerhalb 24 Stunden auf keinen Punkt der Erdoberfläche eine so grofse Wärmestrahlung stattfindet, als am 21. Dezember, dem Tage der südlichen Sonnenwende, auf den Südpol. Die Sonne steht dann volle 24 Stunden 23° hoch am dortigen Himmel und befindet sich fast in ihrer gröfsten Erdnähe. Auf eine gleiche Fläche des Aequators fallen in derselben Zeit nur $^3/_4$ soviel Sonnenstrahlen.

während auf den Europäischen Inseln unter derselben Breite, auf Irland und England, noch + 6 ⁰ C. herrschen.

Man erkennt also deutlich, dafs nicht nur nach N. hin sich die Wärme abstuft, sondern auch nach O., wenigstens innerhalb des Kontinents. Offenbar ist es der Atlantische Ozean, von welchem die Erwärmung in diesem Falle ausgeht, und ebenso geht von dem Grofsen Ozean nach Osten hin ein Wärmehauch aus, der sich über Nord-Amerika ausbreitet. Auch in Amerika ist die Westseite bei weitem wärmer, besonders im Winter, als das Innere und die Ostseite. In der Breite von Berlin findet man dort im Januar noch + 2 ⁰ dagegen auf der Ostseite in Labrador bis gegen — 20 ⁰, während im Sommer allerdings die Temperaturen auch wieder gleichmäfsiger über die ganze Breite des Kontinents vertheilt sind.

Offenbar hängen diese Erscheinungen aufs innigste mit der Vertheilung des Landes und der See zusammen und in dem Verhalten dieser Naturformen bei der Aufnahme und Wiederabgabe der Sonnenwärme haben wir den Schlüssel dafür zu suchen. Das Land, von den Sonnenstrahlen getroffen, wird in dünner Schicht stark erhitzt; jedoch die aufgenommene Wärme haftet nicht lange an der Oberfläche. Ein Theil wird langsam in die Tiefe geleitet, ein anderer Theil strahlt zum Himmel zurück und ein dritter theilt sich der den Erdboden berührenden Luft mit. Diese dehnt sich aus und steigt empor und entführt also die Sonnenwärme nach oben. So sehen wir, wie täglich über dem Lande die Temperatur schnell anwächst bis sie einige Stunden nach Mittag ihren Höhepunkt erreicht, dann aber abnimmt und in der Nacht durch die Ausstrahlung in den Himmel sich so vermindert, dafs am Morgen vor Sonnenaufgang das Minimum erreicht wird.

Auch im Laufe des Jahres sehen wir auf dem Lande auf der nördlichen Halbkugel im Juli ein hohes Maximum der Temperatur entstehen und im Januar meist ein tiefes Minimum; auf der südlichen Halbkugel ist es umgekehrt.

Ueber der See ist zwar der Zeitfolge nach der Gang der Wärme im ganzen derselbe, nur dafs sich das Maximum und Minimum etwa um einen Monat verspäten, da sie im August und Februar eintreten. Aber besonders sind die Temperaturgegensätze des Meeres viel gemäfsigter als die des Landes. Die Oberfläche des Meeres wird niemals durch die Sonnenstrahlen so stark erhitzt wie die des Landes; denn die Strahlen dringen tief ein und ihre Wärme vertheilt sich sogleich auf eine grofse Masse Wassers und diese wird oft im Spiel

der Wellen mit noch tieferen Schichten vermischt. Aber hinwieder dauert es auch lange Zeit, ehe das Wasser die aufgenommene Wärme verliert, sei es durch Mittheilung an die Luft, sei es durch Ausstrahlung oder Dampfbildung. Und da nun aufserdem noch eine gröfsere Menge Wärme erforderlich ist, um ein gleiches Gewicht Wassers um 1 ^{0} C. zu erwärmen, als ein gleiches Gewicht Erdreich, ebenso aber das Wasser, während es um 1 ^{0} Temperatur verliert, soviel mehr Wärme abgiebt als dieses, so ist es leicht verständlich, dafs die Landklimate einen extremen Charakter tragen, die Seeklimate dagegen milde Temperaturen zeigen.

Beispielsweise haben Thorshaven auf den Fär-öer und Woltschansk in Rufsland, 5 ^{0} südlich von Moskau, eine gleiche mittlere Jahrestemperatur von 6^0,3 C. Aber in Thorshaven schwankt die Temperatur vom Januar (3^0,1 C.) bis Juli (10,^{0}9 C.), ganz der ozeanischen Lage entsprechend, nur um 7,^{0}8 C. In dem kontinental gelegenen Woltschansk finden wir dagegen den Januar auf — 8^0,7 C. und den Juli auf + 20^0,3 C., zusammen also eine jährliche Wärmeschwankung von 29 ^{0} C., ein Unterschied, der sich natürlich im Gedeihen der Früchte und in der Lebensweise der Menschen aufs durchgreifendste ausdrückt.

Auch die Jahrestemperatur des Meeres stuft sich langsamer vom Aequator zum Pole ab, als die des Landes. Unmittelbar in den Tropen erwärmt sich das Land zu gröfserer Hitze, und während selbst das Rothe Meer, das heifseste von allen, im Sommer nicht über 32^0 C. emporsteigt, so erreicht in dieser Zeit der Sand der Sahara nach Rohlfs' Beobachtungen 45, ja 50^0 C. und darüber.

So haben wir die Bedingungen vor uns, aus welchen sich die mannigfaltigsten Klimate aufbauen. Die nimmer rastende Gewalt der Winde trägt bald die Meeresluft weithin über das Land, von den europäischen Westküsten bis in die Mitte Sibiriens, bald umgekehrt die Luft des Kontinents über das Meer hin. Nur allmählich nimmt die von dem einen Gebiete kommende Luft die Eigenschaften des anderen an, und es gelingt, in Prozenten anzugeben, in welchem Maafse die dem Meere entstammenden oder die im Kontinente aufgenommenen Eigenschaften in der Luft eines Ortes vorwalten. In den mittleren Breiten, wo die Westwinde herrschen, wird die Meeresluft nach Osten hin über die Kontinente getrieben. Man findet daher an den Europäischen Küsten des Atlantischen Oceans zunächst Klimate mit milden Gegensätzen zwischen Winter und Sommer; aber diese werden desto schroffer, je weiter ostwärts ins Innere Rufslands und

Asiens wir vordringen — bis zu einer Grenze, die schon dem grofsen Ocean nahe liegt. Auf dieser Linie, welche sich etwa vom Lenastrom südwärts zieht, beträgt die jährliche Temperaturschwankung (Juli weniger Januar) in Graden der hunderttheiligen Skala (Celsius) ziemlich genau soviel, wie die Zahl der Grade, welche die nördliche Breite des Orts angiebt[2]). Hier hat der Einflufs der Meeresluft sein Minimum erreicht, wenn nicht völlig aufgehört. Hier finden wir Klimate, wie sie sein würden, wenn nur Land die Erde bedeckte.

Wäre dies der Fall, so würde Berlin in $52^1/_2{}^0$ Br. eine Jahrestemperatur haben von — 1,7 ⁰ C., einen Januar von — 28⁰ C., und einen Juli von + 24⁰ C. Wenn uns also die Erfahrung lehrt, dafs wir in Wirklichkeit eine Jahrestemperatur von + 9⁰ C. haben, im Januar — 0,⁰8 C. und im Juli + 18,⁰8 C., so ist diese bedeutende Verschönerung unseres Klimas ganz und gar den vom Atlantischen Ocean herkommenden Luftmassen zu danken. Hierbei kommt noch besonders in Betracht, dafs der Nordatlantische Ocean wohl um 4⁰ wärmer ist als sonst die weitesten Flächen des Weltmeeres in gleicher geographischer Breite. Die Wasser des Golfstromes, welche aus den Tropenzonen heranrollen, erwärmen ihn mächtig, noch ehe sie sich den Weg in die Eisfelder des Polarmeeres bahnen. Nimmt man an, dafs das Klima von Berlin aus 24⁰/₀ continentalen und 76⁰/₀ oceanischen Einflüssen hervorgehe und dafs die Durchschnittstemperatur der hierher wehenden Seeluft gleich $12^1/_2{}^0$ C. sei, so berechnet sich daraus eine Jahrestemperatur von + 9⁰ C., wie wir als Resultat der Beobachtung soeben angeführt haben. Selbstverständlich ergeben sich dann auch die vorher schon erwähnten wirklichen Temperaturen für den Januar und für den Juli. So sehen wir, wie sich aus den Wirkungen von Land und See und geogr. Breite unser Klima zusammensetzt, und dasselbe, wenn auch in mannigfacher Abänderung, können wir über die ganze Erdoberfläche verfolgen.

So kann man zunächst Centra höchster Kontinentalität unterscheiden. Das mächtigste, im östlichen Asien, haben wir schon angeführt. Es ist der Sitz jener excessiven Klimate, deren Wintertemperaturen unser Schaudern erregen. Im Gegensatze dazu steht ein anderes Centrum höchster Kontinentalität, in welchem die Wärmegrade ihr Maximum auf Erden erreichen. Es liegt in Nord-Afrika, nördlich vom Tsadsee unter 15⁰ bis 20⁰ Nördl. Breite in der Wüste Sahara. Die Sonne steigt

---

[2]) In Jakutzk z. B., welches in 62°,1 N. Br. liegt, ist die Temperatur im Januar — 42°,8 C., im Juli + 18°,8 C.; die jährliche Schwankung beträgt also 61°,6 C.

im Sommer vier Monate lang täglich bis nahe an den Zenith heran und keine Wolke mildert die Gewalt ihrer Strahlen. So entsteht hier ein Wärmemaximum, wie kein zweites auf Erden, und diese Gegend ist im Durchschnitt des Jahres sogar wärmer als der benachbarte Aequator, der seinerseits durch die von dem Passat herangetriebenen Meereslüfte abgekühlt wird; dadurch wird die Linie höchster Jahrestemperatur, der sogenannte Wärme-Aequator, auf die nördliche Halbkugel verschoben.

Auch die anderen Kontinente, namentlich Australien und Nord-Amerika, zeigen, wenn auch nicht in gleichem Mafse wie Asien und Afrika, doch in ihrem Innern sehr kontinentale Gebiete. Im inneren Australien ist der Gegensatz von Sommer und Winter ein sehr scharfer, noch verstärkt durch den Umstand, dafs auf der südlichen Halbkugel die Sonne im Sommer in ihrer Erdnähe, im Winter in ihrer Erdferne ist.

In Nord-Amerika verbinden sich mit den Wirkungen der Jahreszeit die herrschenden Richtungen der Winde, welche im Sommer aus dem heifsen Mexikanischen Meerbusen, im Winter dagegen aus dem eisigen Archipel des Polarmeeres blasen. Daher dort diese furchtbaren Sprünge der Temperatur, durch welche ofters mitten in den freundlichen Sommer die furchtbarste Winterkälte geschleudert wird.

Südamerika endlich ist auf seiner Ostseite dem vom Atlantischen Ozean her blasenden Passatwind weit geöffnet, aber nur bis zu der grofsen Mauer, welche sich vor der Westküste aufbaut, den Andes. Jenseits dieser wirken dann die Einflüsse des grofsen Ozeans und seiner kalten Strömungen.

Es erübrigt noch, nach diesem Ueberblick über die thatsächlichen Wärmeverhältnisse auf der Erde einen Blick zu werfen auf die Fähigkeit des Menschen, sich denselben anzupassen. Diese Fähigkeit ist ja natürlich keine unbeschränkte. Der Bewohner der Tropenzone geht in den Polarklimaten bald zu Grunde, sowie umgekehrt der Bewohner der Polarländer in den Aequatorialgegenden. Am widerstandsfähigsten in Norden und Süden sind wohl diejenigen Völkerschaften, welche ursprünglich den mittleren Klimaten angehören.

Höchst gefährlich bleiben freilich immer für den Nordländer in den Tropen die direkte Sonnenstrahlung auf entblöfste Körpertheile, sowie die Einathmung der in feuchten Gegenden sich entwickelnden Fiebermiasmen. Dagegen akklimatisirt sich der Nordländer bald an die hohen Wärmegrade, so dafs er Temperaturen als kühl empfindet, die er früher als drückend warm empfunden haben würde. So er-

zählt Humboldt darüber: „Noch waren wir nicht zwei Monate in der heifsen Zone und bereits waren unsere Organe so empfindlich für den kleinsten Temperaturwechsel, dafs wir vor Frost nicht schlafen konnten. Zu unserer Verwunderung sahen wir, dafs der hundert-theilige Thermometer auf 21,8 ° (17½ ° R.) stand.“ Im Gegensatz dazu zeigt die folgende Notiz von Prof. A. Erman aus seiner Reise durch Sibirien die Widerstandsfähigkeit gegen die Kälte: „In Europa mag es auffallen, dafs man hier (in Jakutzk) nie von jenen hohen Graden der Kälte als von einer Beschwerde sprechen hört, aber nach einer Winterreise durch Sibirien befremdet dies nicht. Wenn man ostjakische Pelze trägt, werden Nächte, in denen das Quecksilber ge-friert (— 40 ° C.), in offenen Schlitten verschlafen und man liegt mit solcher Kleidung ohne Unbequemlichkeit bei — 35 ° C. unter einem dünnen Zelte auf dem Schnee.“ So sehen wir, dafs der Mensch allen Klimaten der Erde sich anzupassen versteht, und dafs er nur von denjenigen Theilen ihrer Oberfläche ausgeschlossen ist, auf denen er entweder keine Nahrung findet oder zu denen ihm der Zutritt noch nicht möglich gewesen ist.





Die grofse Eiszeit.

Von Prof. Dr. **Albrecht Penck** in Wien.

(Schlufs.)

Es mufs erwartet werden, dafs auch die Reste der Floren und Faunen die wiederholten Klimaschwankungen der grofsen Eiszeit spiegeln. In der That hat man längst auch bemerkt, dafs seitdem die noch jetzt lebende Thier- und Pflanzenwelt sich auf der Erde eingestellt hat, der nämliche Ort sowohl von Gesellschaften eines milderen Klimas, wie solchen rauherer Gebiete besiedelt gewesen ist. In Mitteleuropa kennt man während der Diluvialperiode sowohl den Lemming, wie auch das Rennthier und den Moschusochsen als Vertreter einer nordischen Fauna, und zugleich ist das Flufspferd als ein Repräsentant des Südens, sind ferner die Springmäuse und Ziesel der südöstlichen Faunen gefunden. Anfänglich schien es, als ob alle diese verschiedenen Typen gleichzeitig an ein und derselben Stelle gelebt hätten, weil ein und derselbe Fundort Reste von allen lieferte. Erst nach und nach stellte sich heraus, dafs, wenn auch am gleichen Orte vorkommend, doch die Reste der verschiedenen Faunentypen in der Regel nicht mit einander vergesellschaftet sind, sondern sich auf verschiedene Schichten vertheilen. Kürzlich erst hat Nehring seine diesbezüglichen Studien zusammengefafst; er weist in Mitteleuropa eine Tundren- und eine Steppenfauna nach, eine Fauna, welche heute in der Nähe des Polarkreises, unfern der Gletscher des hohen Nordens, vorkommt, und eine andere, welche südlich vom grofsen Waldgürtel im südlichen Rufsland und südlichen Sibirien wohnt. Unzweifelhaft entspricht die Tundrenfauna einer Vergletscherung, die Steppenfauna aber ist wohl der pontischen Flora in der Höttinger Breccie zur Seite zu stellen und dementsprechend als interglazial aufzufassen.

So wäre denn Mitteleuropa während der grofsen Eiszeit ein waldarmes Gebiet gewesen, während der Vergletscherungen wäre es mit Tundren, während der Interglazialzeiten mit Steppen bedeckt gewesen. Aber die Baumarmuth führte sich in beiden Fällen auf ver-

schiedene Ursachen zurück. Während der Glazialzeiten war das Land waldfrei, weil die Sommer zu kalt waren; damals lag das Land über der oberen Baumgrenze, während es in den Interglazialzeiten unter der unteren Baumgrenze befindlich war, weil die Sommer so heifs und trocken wurden, dafs die Bäume nicht fortkommen konnten.

Der Wald ist eine schützende Decke des Landes, er hält dessen Boden fest und verändert ihn vielfach, indem er seine Wurzeln tief in denselben hineinsenkt. Dort wo, wie in Tundren und Steppen, meist nur Gräser oder niederes Buschwerk den Boden decken, ist letzterer leicht Verwehungen ausgesetzt; Staubstürme gehören in allen waldarmen Gebieten zur Regel, und zwar um so mehr, je längere Zeit der Boden nackt und kahl daliegt, je länger auf ihm die Vegetation erstorben ist. Die Steppen der Trockengebiete unter der unteren Baumgrenze sind daher die eigentlichen Herde der Staubbildung. Der aufgewirbelte Staub bleibt lange in der Luft schweben, bis er allmählich niederfällt, ein schichtungsloses Lager bildend, das im Laufe der Zeit dort, wo es anhaltend zu wachsen vermag, namhafte Dicken erreichen kann.

Ein Gestein der Diluvialperiode mufs auch wirklich nach seiner Beschaffenheit als ein allmählich aufgehäufter, luftbewegter Staub gelten. Es ist dies der Löfs, der Hauptfundort für die Thiere der Steppenfauna, wenn er auch hier und da solche der Tundrenfauna birgt. Besonders charakteristisch aber ist der Umstand, dafs er allenthalben Reste von Landschnecken enthält, deren Nachkommen heute sowohl im Norden, als auch in den Steppen des Südostens vorkommen. Und dieser Löfs kehrt auch in Nordamerika wieder, und zwar gleichfalls in der Nähe der grofsen Moränen.

Moränen und Löfs kommen neben einander vor, und ihre Verbreitungsgebiete greifen ineinander über, indem allenthalben in der neuen und alten Welt die äufseren, älteren Moränen vom Löfs bedeckt sind, welcher sonst nur aufserhalb des alten Gletschergebietes herrscht, und sich weithin äquatorwärts erstreckt, bis ihn das charakteristische Oberflächengestein der Tropen, der Laterit, ablöst, ein brauner bis ziegelrother Lehm, welcher zunächst durch Verwitterung des Gesteins unter dichter Pflanzenbedeckung entstand, dann aber vielfach umgelagert ist und sich als der eigentliche Waldboden der Tropen darstellt. Auf den jüngeren inneren Moränen fehlt der Löfs so gut wie gänzlich, was sich nur durch die Annahme erklären läfst, dafs er älter als die letzte Vergletscherung ist. Löfs und Moränenbildung kommen auch heute noch vor, aber nie an derselben Stelle. Die Moränen-

bildung hat sich seit der grofsen Eiszeit nach höheren Breiten oder auf gröfsere Höhen zurückgezogen, der Löfs dagegen ist in den niederen Breiten, im grofsen Steppengürtel südlich des grofsen zusammenhängenden Waldringes, noch in Ablagerung begriffen. Das Nebeneinandervorkommen von Moränen und Löfs in Europa, Nordamerika und selbst in Sibirien erscheint unter solchen Umständen als eine petrographische Bestätigung des bereits gewonnenen Ergebnisses über das Klima der Diluvialperiode, sie zeigt ebenso wie das Nebeneinandervorkommen von Tundra- und Steppenfauna an, dafs Mitteleuropa und das mittlere Nordamerika bald über der oberen, bald unter der unteren Baumgrenze gelegen waren, und bald das Klima höherer Breiten mit ihren Gletschern und Tundren, bald das südlicherer Striche mit ihrem Staube und ihren Steppen genossen.

Man hat es also während der grofsen Eiszeit nicht blofs mit einem Wandern der oberen, sondern auch mit einem solchen der unteren Baumgrenze zu thun. Zwischen beiden Grenzen liegt der Wald. Würde heute die Tundra bis nach Mitteleuropa verschoben, so würde der Wald gleichsam vor ihr her äquatorwärts wandern, und würde dann die Staubsteppe von Süden her sich ausdehnen, so würde ihr der Wald gleichsam vorangehen, und die Tundra würde nicht unmittelbar durch die Staubsteppe, sondern zunächst durch den Wald ersetzt werden. Sehr wahrscheinlich ist, dafs analog während der Diluvialperiode auch zeitlich auf die Tundren zunächst Wald und dann die Staubsteppe folgte. Ausgesprochene Waldfaunen aus jener Zeit verleihen dieser Anschauung eine wesentliche Stütze, und überdies ist wohl natürlich, dafs, wenn das Klima während der grofsen Eiszeit schwankte es zwischen den Kältezeiten der Vergletscherungen und den wärmeren Interglazialzeiten mit den Staubsteppen, zeitweilig dem heutigen Klima glich, das dem Walde förderlich ist.

Dachte man sich anfänglich die grofse Eiszeit als eine Kälteperiode, so stellt sie sich heute als eine Periode grofser und ausgedehnter Klimaschwankungen dar. Sah man früher nur Moränen einer Vergletscherung, so scheidet man heute zwischen solchen verschiedener Vereisungen und vermag die Anschwemmungen der Ströme dreier Vergletscherungen zu trennen. Es ist daher auch zu erwarten, dafs das typische Gebilde der Interglazialzeiten, der Löfs, sich allmählich in verschiedene Abtheilungen wird zerlegen lassen. Der Anfang ist damit auf dem deutschen Alpenvorlande bereits gemacht; hier scheiden sich die Lehmlager, welche zwischen der ersten und zweiten Vergletscherung entstanden, deutlich vom echten Löfs, welcher zwischen

der zweiten und der letzten grofsen Vergletscherung sich bildete. Manch mächtiges Löfslager der Gegend von Stuttgart, Wien und Brünn zerfällt ferner bei näherer Betrachtung in einzelne Komplexe, zwischen deren Bildung längere Zeiten verstrichen, es schalten sich Lagen von Verwitterungslehm, hier und da selbst humose Partien, die auf Waldwuchs deuten, mitten in den Löfs ein. Ueberdies ist der Löfs als beweglicher Staub ungemein leicht Verschwemmungen ausgesetzt. Heftige Regengüsse spülen heute an Löfsgehängen ganze Schichten ab, die an ihrem Fufse wieder zu Ablagerungen kommen, und in solchen verschwemmten Löfslagern sieht man häufig die echte verschleppte Löfsfauna neben eingespülten Schalen der Schnecken, welche heute das Gehänge bewohnen. Aehnliches hat sich gewifs auch schon früher ereignet; der Steppenstaub der Interglazialzeiten ist häufig wohl in den Glazialzeiten verwaschen worden, und in der neugebildeten Ablagerung sind Reste der Steppenfauna mit jener der Tundrenfauna vergesellschaftet worden, so dafs erklärlich wird, warum die Löfsfauna vielfach einen so wenig einheitlichen Eindruck macht, und warum verschiedene Autoren gelegentlich zu so verschiedenen Ergebnissen über die klimatischen Verhältnisse der Löfsperiode gelangten. Der Löfs, so wie er heute vorliegt, ist keineswegs eine einheitliche Bildung.

Wenn sich somit die Geschichte der Diluvialperiode zu einer äufserst verwickelten gestaltet, wenn mehrmals mit den Gletschern sich Tundren in unsere Breiten erstreckten und mehrmals in den Zwischenzeiten sich die Steppen des Südostens zu uns ausdehnten, so sind es gewifs aufserordentlich viele Jahre gewesen, welche die Diluvialperiode, die jüngste und kürzeste der geologischen Chronologie, bilden. Der absolute Mafsstab, diese Jahre zu zählen, fehlt. Man mufs sich vorerst bescheiden, zu sagen, dafs nach dem, was man weifs, die seit der letzten Vergletscherung verstrichene Postglazialzeit viel kürzer war, als eine der beiden Glazialzeiten. Was aber hat sich alles in der Postglazialzeit ereignet! Nicht nur die Gletscher, sondern vielfach auch ihre Werke sind bereits geschwunden. Die von ihnen geschaffenen Alpenseen sind bereits theilweise zugeschüttet, was einen Gesteinstransport von mehreren Milliarden Kubikmeter voraussetzt. Betrachtet man den Chiemsee in Oberbayern als Ueberrest eines einst doppelt so grofsen Sees, so mufs die Ache, ihre heutige Geschiebeführung vorausgesetzt, 12 400 Jahre gearbeitet haben, um den See in der gedachten Weise zu verkleinern. Dies soll nur eine Idee, kein Mafs über die Dauer der Postglazialzeit geben; für die grofse Eiszeit drängen sich ganz andere Vorstellungen auf. Ist doch die gesamte

Poebene durchschnittlich bis zu einer Höhe von 100 m seit Beginn der Diluvialperiode und zwar ausschliefslich von Alpenflüssen aufgeschüttet worden. Da nun die Alpen, welche zur Poebene entwässert werden, der letzteren an Areal nahezu gleich kommen, so haben sie seit Beginn der Diluvialperiode oder der grofsen Eiszeit eine Abtragung von 100 m erfahren. Heute verstreichen 6000 Jahre, ehe das Hochgebirge um 1 m erniedrigt wird; 600 000 Jahre sind für die heute wirkenden Kräfte nöthig, um die Poebene aufzuschütten in der Weise, wie dies seit der jüngsten Tertiärperiode geschehen ist. An einer anderen Stelle Europas haben gleichfalls seit Beginn der Diluvialzeit unausgesetzt Gesteinsaufschüttungen stattgefunden, nämlich im Gebiete der Theifsniederung, wo ein Areal von 20 000 qkm 200 m hoch mit Flufsanschwemmungen erfüllt worden ist. Die heute jener Niederung zueilenden Gewässer brauchten 480 000 Jahre, um eine entsprechende Masse herbeizuschleppen. Natürlich haben während der gesamten grofsen Eiszeit die Gewässer nicht immer dieselbe Transportfähigkeit besessen wie heute; in den Gletscherzeiten sind sie muthmafslich weit mehr als gegenwärtig mit Geröll und Schlamm beladen gewesen, wogegen sie allerdings in den Interglazialzeiten wahrscheinlich ärmer an Sinkstoffen waren. Setzt man die Sedimentführung der Flüsse während der Diluvialperiode im Durchschnitte doppelt so hoch an, als sie heute ist, was gewifs eine Ueberschätzung bedeutet, so erhält man für die Dauer der letzten, kleinsten geologischen Epoche immerhin noch rund eine Viertelmillion Jahre.

Die jährlichen Temperaturschwankungen eines Ortes machen sich heute bis in eine Tiefe von 10 — 20 m fühlbar. Die Klimaschwankungen der grofsen Eiszeit werden sich, entsprechend ihrer langen Dauer, gewifs bis in namhafte Tiefen der Erdkruste fortgepflanzt haben, so dafs nicht blofs die Erdoberfläche, sondern auch die äufserste Krustenschicht einen Wechsel wärmerer und kälterer Perioden erfuhr. Erwärmung aber dehnt die Gesteine aus, in jeder Richtung um ein Hunderttausendstel für 1° C. War während einer Vergletscherung die Oberflächentemperatur der Erde um 5° niedriger als heute, so war ihre oberste Krustenschicht der Fläche nach um ein Zehntausendstel kleiner als heute, also um rund 50 000 qkm; war hingegen während einer Interglazialzeit die Gesamttemperatur der Erdoberfläche um 1° höher, so war letztere deswegen um 10 000 qkm gröfser als gegenwärtig. Es bedeutet die grofse Eiszeit für die äufserste Schicht der Erdkruste eine Periode von mit einander wechselnden Zusammenziehungen und Ausdehnungen über einem Kerne, welcher die ent-

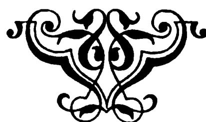
sprechenden Bewegungen nicht mitmachte. Verschiebungen und Verbiegungen der Kruste konnten unter solchen Verhältnissen nicht ausbleiben, jedoch betrafen dieselben nicht gleichmäfsig die gesamte Erdoberfläche, sondern ausschliefslich das Land, denn der Meeresboden war muthmafslich während der gesamten Diluvialperiode mit allen ihren wärmeren und kälteren Intervallen durch die kalten Polarwasser ähnlich stark abgekühlt wie heute, und erfuhr, so lange als nicht an den Polen die Bildung eiskalten Wassers unterbunden war, keine Aenderung seiner thermalen Verhältnisse. Auf den Festländern mufsten sich aber die Zusammenziehungen und Streckungen der Kruste in verschiedenem Mafse fühlbar machen, nicht blofs weil die einzelnen Gesteine sich beim Erwärmen verschieden stark ausdehnen, sondern namentlich auch, weil die Abkühlung während der Gletscherzeiten an den verschiedenen Orten ungleich stark erfolgte.

Ueberall, wo Eis sich auf das Land legte, wurde die Oberfläche des letzteren auf 0^0 gebracht, erwärmt also dort, wo die Bodentemperatur vorher unter 0^0 war, abgekühlt hingegen da, wo letztere über 0^0 war. Die peripherischen Gebiete der grofsen Vereisungen wurden dementsprechend allenthalben mehr abgekühlt als 5^0. Das ist aber nicht der einzige Effekt; denn nach den Untersuchungen von E. von Drygalski wirkt eine Vergletscherung besonders stark abkühlend auf ihre Unterlage, es erfolgt unter ihr die Erkaltung vier mal so schnell als unter freier Luft mit der Temperatur von 0^0. Dementsprechend wird unter einer Vergletscherung die abgekühlte Krustenschicht weit mächtiger sein als rings umher, und es werden sich hier die Kontraktionserscheinungen viel lebhafter äufsern, als sonst auf dem festen Lande. Es steht wahrscheinlich im Einklange mit dieser Erwägung, dafs seit der letzten Vergletscherung in den Gebieten der grofsen nordischen Vereisungen namhafte Niveauveränderungen vorgekommen sind.

So geräth denn infolge der Klimaschwankungen der grofsen Eiszeit alles in Bewegung. Die Höhengürtel der oberen und unteren Baum- sowie der Schneegrenze senken und heben sich mehrfach, riesige Vergletscherungen wachsen an und gehen wieder zurück, leere Becken füllen sich mit Wasser und werden zu Seen, die dann wieder verschwinden und von neuem entstehen; Tundra, Wald und Staubsteppe folgen auf derselben Stelle. Je mehr Eis sich auf das Land legt, desto tiefer sinkt der Meeresspiegel, und es bedarf wohl keiner Erwähnung, dafs damit sich die Thätigkeit zahlreicher Flüsse ändert. Die feste Kruste erleidet auf den Festländern Verbiegungen

und Verschiebungen; am meisten dort, wo Vergletscherungen sich ausbreiten. Dadurch ist wohl auch bedingt, dafs die vulkanische Thätigkeit während der gesamten Diluvialperiode unverkennbar stärker war als heute; in der Eifel, in Zentralfrankreich, in Nordböhmen, im fernen Westen Nordamerikas fanden Eruptionen statt, wo heute die vulkanische Thätigkeit ganz erloschen oder recht unbedeutend ist. Die Erscheinungen aber, welche alle diese Veränderungen, Verschiebungen und Bewegungen hervorriefen, nämlich die wiederholten Temperaturschwankungen der grofsen Eiszeit, sind heute in Bezug auf ihre Ursachen noch völlig räthselhaft.[1])

[1]) Die in Vorstehendem entwickelten Anschauungen enthalten die Ergebnisse meiner, in den letzten Jahren namentlich über die Vergletscherung der Ostalpen fortgesetzten Untersuchungen. Es werden daher im Aufsatze mehrfach Beobachtungen berührt, welche erst in einer gröfseren Arbeit über die Vergletscherung der Ostalpen von E. Brückner, A. Böhm und mir beschrieben werden sollen. Auf dieses, in ein bis zwei Jahren erscheinende Werk sei auch jener Leser verwiesen, welcher die Quellen, aus welchen ich für diesen Aufsatz schöpfte, kennen lernen möchte.





Falbs kritische Tage.

Von Prof. J. M. Pernter in Innsbruck.

(Fortsetzung.)

Die bisherigen Ausführungen mögen zur Begründung der Eintheilung der Erscheinungen bei der vorgenommenen Untersuchung dienen. Was nun den Zeitraum betrifft, über welchen ich die Untersuchung ausdehnen wollte, so war derselbe von selbst gegeben. Falb hat nur seit 1888 seine „kritischen Tage“ vollständig angegeben, und so konnte sich meine Untersuchung auch nur auf die drei Jahre 1888, 1889 und 1890 erstrecken. Es zeigte sich zwar aus den „kritischen Tagen“ dieser drei Jahre, dafs man mit Hülfe jedes gewöhnlichen Kalenders die „kritischen Tage“ aller vorhergehenden Jahre bestimmen kann, da schlechterdings ohne Ausnahme jeder Vollmond und jeder Neumond ein „kritischer Tag“ ist. Allein ich wollte trotz dieser, aus den Falbschen „Kalendern der kritischen Tage“ gelernten Kunst, die kritischen Tage selbst zu bestimmen, nicht auf eigene Faust für die vorhergehenden Jahre diese Tage bestimmen, und ferner habe ich im Laufe meiner Untersuchungen auch für die kritischen Tage I. Ordnung samt den Finsternifstagen eine besondere Zusammenstellung gemacht und dafür hätte ich nun selbst die kritischen Tage I. Ordnung mir „berechnen“ müssen, eine Kunst, die ich durchaus Herrn Falb reservirt wissen wollte. Vielleicht wird Falb selbst, veranlafst durch meine Zusammenstellungen, die Ausdehnung derselben auf die früheren Jahre besorgen, um so mit Hülfe eines gröfseren Materials günstigere Resultate zu erzielen.

Als Quelle, aus welcher ich für jeden Tag der genannten drei Jahre — für Europa — das Eintreffen jeder der oben angeführten Erscheinungen entnahm, dienten mir die von der k. k. Centralanstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus in Wien täglich herausgegebenen Witterungsberichte und Wetterkarten. Dabei ging ich so vor, dafs ich die „Häufung der barometrischen Minima“ durch Zählung der an jedem Tage auf der Wetterkarte vorkommenden Depressionen er-

mittelte. Ich wollte anfänglich nur die tieferen Depressionen berücksichtigen, da ich aber bemerkte, dafs dies für Falbs Theorie zu ungünstig ausfalle und Falb eine Neigung zur Bildung von Depressionen ebenfalls dem Einflusse der „kritischen Tage" in seinen Schriften zuschreibt, so zählte ich alle Depressionen, auch die sekundären.

Uebrigens treten die tieferen Depressionen auch bei der Vertheilung der Stürme, welche von letzteren abhängig sind, einigermafsen hervor. Bei der Zählung der Stürme für jeden Tag hielt ich mich wieder an die Wetterkarte, indem ich soviele Stürme jeden Tag notirte, als ich Windpfeile mit der Stärke 7 der 12theiligen Skala ($3^1/_2$ der 6theiligen) vorfand. Ich machte hierbei die Voraussetzung, die meteorologisch wohl begründet ist, dafs alle diese Stürme den Depressionen zu verdanken sind und in diesem Sinne „Wirbelstürme" d. h. von Luftwirbeln, Cyklonen, erzeugte Stürme sind.

Die Ausbreitung der Niederschläge ergab sich durch Abzählung der Anzahl Stationen im Wetterberichte, an welchem es jeden Tag geregnet hat. Ich zählte zu diesem Zwecke die Stationen, welche in jedem Wetterberichte eine Niederschlagssumme für den vorhergehenden Tag angaben, und die so erhaltene Anzahl von Stationen notirte ich dann auch für den vorhergehenden Tag.

Ebenso bildete ich für jeden Tag die Summe der Niederschlagsmengen jeden Tages, indem ich die für den vorhergehenden Tag gemeldeten Niederschlagsmengen aller Stationen des Wetterberichtes summirte und dann auch für den vorhergehenden Tag notirte.

Bei diesen zwei Elementen sind daher die Tage von 7 oder 8 Uhr Morgens bis zum anderen Tag 7 oder 8 Uhr Morgens gezählt, was für unsere Beweisführung übrigens gleichgültig ist.

In Bezug auf die Ueberschwemmungen bediente ich mich einer anderen Quelle, nämlich der Münchener Allgemeinen Zeitung, die ich Tag für Tag durchsah und jeden Tag als Ueberschwemmungstag notirte, an welchem nach den Telegrammen und anderen Berichten dieser Zeitung irgendwo in Europa eine Ueberschwemmung eintrat.

Bezüglich der „ungewöhnlichen Erscheinungen" schrieb ich wieder aus den Wetterberichten für jeden Tag jede der oben aufgezählten heraus, und zwar getrennt, so dafs im Originalauszuge jede für sich detaillirt vorkommt. Wie gesagt, habe ich sie dann aus den schon angegebenen Gründen unter eine Rubrik vereint.

Nachdem ich diese Auszüge — wer immer ähnliche Arbeiten gemacht hat, wird wissen, welche mühsame und zeitraubende Arbeit

dergleichen ist — für jeden Tag der drei Jahre 1888, 1889 und 1890 gemacht hatte, ging ich daran, dieselben für den vorliegenden Zweck zu ordnen. Ich wählte dabei folgende Form. Die kritischen Tage stehen in diesen drei Jahren, so wie sie Falb giebt, bald 14, bald 15, bald 16 (letzteres selten) Tage von einander ab. Diesen Abstand nahm ich als eine Periode und schrieb daher als Kopf jeder Tabelle:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 (15) (16)

Diese Zahlenreihe bedeutet die Tagesfolge in jeder Periode; einer dieser Tage ist der kritische. Es stand mir nun frei, den kritischen Tag auf eine beliebige der obigen Zahlen zu verlegen. Ich wählte den 11. Tag als denjenigen, auf welchen ich alle Erscheinungen, die an den einzelnen kritischen Tagen auftraten, schrieb. Damit erreichte ich, dafs der 7 Tage vom kritischen Tage abstehende Tag auf 4 fiel, und so der kritische Tag 11 und der in der Mitte zwischen zwei kritischen Tagen liegende Tag 4, beide in der Periode so gelegen sind, dafs man die Gruppirung der Erscheinungen um sie deutlich zum Ausdrucke bringen kann. Es schien mir nämlich interessant, zugleich zu untersuchen, ob der „kritische" Tag von seinem Gegenpart (dem 7 Tage abstehenden Tage) sonderlich viel unterschieden ist; man könnte den letzteren den antikritischen Tag nennen.

Unter diesen Kopf der Tabellen kamen nun für das Jahr 1888 bei jeder untersuchten Erscheinung 25 Zahlenreihen, ebenso 25 für 1889 und 24 für 1890, da nach den Falbschen „Kalendern der kritischen Tage" auf 1888 und 1889 je 25 und 24 „kritische Tage" auf 1890 entfielen. Indem ich dann jede Kolonne unter dem ersten, zweiten u. s. w. Tag der Periode summirte, erhielt ich für jedes Jahr und jede Erscheinung die Vertheilung der letzteren in Bezug auf die 15 Tage der Periode in der Jahressumme, und so konnte ich ihre Abhängigkeit vom „kritischen" oder antikritischen Tage in jedem Jahre überblicken. Durch schliefsliche Summirung dieser Jahressummen von 1888, 1889 und 1890 erhielt ich dann den Einblick in die Vertheilung der einzelnen Erscheinungen der „kritischen" und antikritischen Tage während der ganzen in Untersuchung gezogenen drei Jahre.

Es würde weit den mir zur Verfügung gestellten Raum überschreiten, wollte ich die Tabellen ausführlich für jede einzelne Periode jedes kritischen Tages zum Abdruck bringen; es würde dies aber auch für eine gemeinfafsliche und weiteren Kreisen gewidmete Darstellung ein unverdaulicher Ballast sein. Ich fürchte ohnedies schon durch die Darlegungen, wie ich die Tabellen entworfen habe, recht lang-

weilig geworden zu sein. Hier mufs ich mich begnügen, die Jahressummen mitzutheilen.

Ich beginne mit den Depressionen:

1. Verhältnifs der Depressionen zu den „kritischen Tagen".

Tag . .	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15[1]
1888 . .	43	38	39	37	40	41	42	40	38	38	39	37	40	36	(31)
1889 . .	41	33	38	48	44	46	44	42	41	38	41	42	47	49	(26)
1890 . .	39	38	45	42	42	44	40	41	40	43	43	45	45	39	(32)
Summe	123	109	122	127	126	131	126	123	119	119	123	124	132	124	(89)

Man sieht vor allem, dafs eine Bevorzugung der „kritischen Tage" selbst in keinem Jahre und daher auch nicht für die dreijährige Periode vorhanden ist. Aber auch in die Nähe des „kritischen" Tages fällt weder im Jahre 1888 noch 1889 das absolute Maximum, nur im Jahre 1890 erreichen die zwei Tage nach dem „kritischen" Tage jeder jene Anzahl, welche auch der dritte Tag der Periode (8 Tage vor dem „kritischen", 6 bis 7 nach dem letzeren) aufweist. In der Gesamtsumme der drei Jahre hat wohl der zweite Tag nach dem „kritischen" die gröfste Anzahl, nämlich 132, diese steht aber gegenüber dem 6. Tage der Periode, welcher mit 131 auftritt, nur um einen einzigen Fall zurück.

Einen bessern Einblick in die Wirksamkeit des „kritischen Tages" auf die Depressionen gewährt folgende Darstellung. Nach Falb soll sich die Wirksamkeit der „kritischen Tage" bald auf zwei Tage vor, bald auf zwei Tage nach dem „kritischen Tage" erstrecken. Dies macht fünf Tage einer Periode von nicht ganz 15 Tagen. Bei einer gleichmäfsigen Vertheilung der Fälle auf jeden Tag der Periode müfste nun auf diese fünf Tage (den „kritischen", zwei vor und zwei nach demselben) nicht ganz ein Drittel der Gesamtheit der Fälle treffen. Ein Ueberwiegen des Einflusses der „kritischen Tage" und ihrer Umgebung müfste dadurch zum Ausdrucke kommen, dafs mehr als ein Drittel der ganzen Anzahl auf diese fünf Tage entfiele, und zwar müfste das Drittel umsomehr überschritten werden, je gröfser dieser Einflufs wäre.

---

[1]) Unter 15 konnte ich nicht den anderen gleichwerthige Zahlen schreiben. Die Periode beträgt nämlich öfter nur 14 Tage als 15 oder 16. Obwohl ich nun unter 15 auch die auf die wenigen vorkommenden 16. Tage treffenden Fälle einreihte, so traf doch noch nicht auf jede der 25 Perioden des Jahres 1888 und 1889 und ebensowenig auf jede der 24 Perioden des Jahres 1890 ein 15. Tag. Um daher die Ungleichwerthigkeit dieser unter 15 stehenden Zahlen anzudeuten, habe ich dieselben in Klammern gesetzt und wenn es nicht ausdrücklich gesagt und begründet ist, habe ich dieselben nicht zu weiteren Schlufsfolgerungen benutzt.

Sehen wir uns nun die Wirklichkeit, wie sie die obige kleine Tabelle enthält, näher an; es war die

	1888	1889	1890	1888/90
Gesamtheit der Fälle . . .	579	620	618	1817
kritische Pentade	192	209	216	617
$^1/_3$ der Gesamtheit	193	207	206	606

Hieraus würde sich ergeben, dafs die fünf Tage, welche wir kurz die „kritische" Periode nennen wollen, sehr nahe der Voraussetzung entsprechen, dafs die Depressionen an allen Tagen der Periode gleichmäfsig auftreten.

Machen wir noch eine andere Probe auf diese Voraussetzung, die vielleicht noch geeigneter ist, die Sache klar zu stellen. Theilen wir die ganze Periode so ein, dafs wir um den „kritischen" Tag 7 Tage und um den antikritischen ebenfalls 7 Tage gruppiren, so dafs der „kritische" in der Mitte dieser 7 steht, wie auch der antikritische. Auf diese Weise wird nun der 15. Tag ausgeschlossen, der uns überhaupt keine vergleichbaren Zahlen liefert. Bilden wir daher die Summe der Tage 1 bis 7 und die Summe der Tage 8 bis 14 der Periode, so müssen diese Summen für den Fall einer gleichmäfsigen Vertheilung der Fälle auf jeden Tag einander gleich sein. Wir erhalten durch Ausführung der Summirung:

	kritische Hälfte	antikritische Hälfte
1888	268	280
1889	300	294
1890	296	290
1888/90	864	864

Diese verblüffende Gleichheit der beiden „Hälften", der kritischen und antikritischen, ist gewifs nur ein Zufall; bei Herbeiziehung eines vierten Jahres dürfte sie wohl wieder schwinden und möglicher, ja wahrscheinlicher Weise einen kleinen Ueberschufs zu Gunsten der „kritischen Hälfte" aufweisen. Was zweifellos feststeht, ist, dafs die Voraussetzung einer gleichmäfsigen Vertheilung der Fälle auf alle Tage der Periode jedenfalls sehr nahe der Wirklichkeit entspricht.

Es wäre nun allerdings der Fall möglich, dafs diese ungefähre Gleichheit auch dadurch hervorgebracht würde, dafs zwei Maxima vorhanden wären, eines am „kritischen" Tage oder in seiner Nähe und das zweite am antikritischen oder in seiner Nähe, dafs diese Maxima ziemlich gleich wären und der Abfall und Anstieg von und zu denselben bei beiden recht gleichmäfsig erfolgte. Allein ein Blick auf die Tabelle 1 zeigt uns sofort, dafs dem nicht so ist; wir finden überhaupt keinen regelmäfsigen, am wenigsten aber einen Gang, der in den einzelnen

Jahren übereinstimmen würde. Wenn aber selbst der eben geforderte Gang vorhanden wäre, so würde Falb dennoch ins Unrecht gesetzt; denn er verlangt eine Bevorzugung des „kritischen“ Tages oder der „kritischen“ Pentade vor allen anderen Tagen der Periode, was zweifellos nicht stattfindet. Wir kommen daher in Bezug auf die Depressionen zu dem Schlusse, dafs ihre Vertheilung über die ganze Periode eine ziemlich gleichmäfsige ist — was uns schon der erste Blick auf die Tabelle sagte — und dafs daher ein ausgesprochener Mondeinflufs in der Nähe der „kritischen“ Tage sich nicht zeigt.

In Betreff dieser Folgerung mufs ich noch einmal auf die oben für die „kritische“ Periode gefundenen Zahlen zurückgreifen. Wir fanden dort für die ganze Periode 1888 bis 1890 als Zahl für die „kritische“ Pentade: 617; als Drittel der Gesamtheit aber ergab sich 606. Die „kritische“ Periode zeigt also einen Ueberschufs von 11 Fällen über das Drittel und daher einen Einflufs des Mondes an kritischen Pentaden von etwa 2 pCt., wenn man diesen kleinen Ueberschufs wirklich dem Mondeinflusse zuschreiben will. Dies letztere ist bei so kleinem Ueberschufs nicht mit Sicherheit festzustellen, man müfste wohl wenigstens 10 Jahre in die Untersuchung einbeziehen, um darüber mit einiger Gewifsheit urtheilen zu können. Wir wollen diesen Ueberschufs aber neidlos auf Rechnung des Mondes, der „kritischen“ Tage, setzen. Dann hätten wir also für die Depressionen gerade jenen äufserst kleinen Einflufs von etwa 2 pCt. gefunden, welchen die „Zunftgelehrten“, die „Kathedergelehrten“ auch schon für viele einzelne meteorologische Elemente nachgewiesen haben, und wir sehen hier an einem sehr praktischen Beispiele, wie recht diese selben „Zunftgelehrten“ haben, wenn sie behaupten, dieser kleine Mondeinflufs sei für die Wetterprognose von gar keinem Werthe. In der That, man sehe sich doch die Zahlen der Tabelle 1 an! Wer könnte auf Grund dieser Zahlen für die „kritische“ Pentade eine Prognose stellen, die sich irgend merklich von anderen Tagen unterscheiden würde?

Nachdem durch die bisherigen Darlegungen sowohl die Entstehung der Tabellen als auch die Art und Weise klargestellt ist, wie dieselben verwendet werden können, um aus denselben eine möglichst klare Beantwortung der Frage zu erhalten: ist ein Mondeinflufs an den „kritischen Tagen“ vorhanden und welcher? kann ich mich nun bei den Tabellen für die Stürme und Niederschläge kürzer fassen.

Ich komme also zunächst zur Untersuchung des Einflusses der „kritischen Tage“ auf die Stürme und theile zuerst die für die untersuchte Periode auf die oben auseinandergesetzte Weise erhaltene Tabelle mit.

2. Vertheilung der Stürme in Bezug auf die „kritischen Tage“.

Tag	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
											kritisch				
1888	23	28	33	29	17	14	15	14	16	20	14	16	23	32	(26)
1889	22	25	9	10	27	30	25	16	27	37	28	36	25	34	(11)
1890	33	23	21	28	18	22	23	32	38	33	22	21	31	33	(39)
Summe	78	76	63	67	62	66	63	62	81	90	64	73	79	99	(76)

Die Stürme sind also, wenigstens in der Summe der drei Jahre, dem Mondeinflusse in der „kritischen“ Pentade günstiger als die Depressionen. Wir erhalten:

	1888	1889	1890	1888/90
Gesamtheit der Fälle	320	362	417	1099
kritische Pentade	89	153	145	387
$^1/_3$ der Gesamtheit	107	121	139	366

Im ganzen Zeitraume der drei Jahre übertrifft also die „kritische Pentade“ das ihr gebührende Drittel um 21 Fälle, ist also mit etwa 6 pCt. im Ueberschufs. In den einzelnen Jahren ist aber dieser immerhin noch geringe Ueberschufs nicht stets vorhanden, da im Jahre 1888 sogar ein Minus von 17 pCt. vorkommt, dem dann freilich im Jahre 1889 ein Ueberschufs von 26 pCt. gegenübersteht. Dies zeigt eine so bedeutende Veränderlichkeit in den einzelnen Jahren an, dafs es einer beträchtlichen Anzahl von Jahren bedürfte, um einige Sicherheit in Bezug auf den thatsächlichen Mondeinflufs an den „kritischen Tagen“ zu gewinnen. Immerhin ergiebt der Durchschnitt der drei in Untersuchung gezogenen Jahre wieder einen kleinen Ueberschufs zu Gunsten der kritischen Tage, entsprechend dem von den „Kathedergelehrten“ auch sonst nachgewiesenen Mondeinflufs, aber nicht entsprechend dem von **Falb** behaupteten so bedeutenden Einflufs, dafs man darauf die Wetterprognose für **bestimmte** Tage und Perioden gründen könnte.

Es ist zwar für die Stürme dieser drei Jahre die „kritische Hälfte“ auch gröfser als die „antikritische Hälfte“; denn wir haben

	kritisch	antikritisch
1888	135	159
1889	203	148
1890	210	168
1888/90	548	475

also einen Ueberschufs der „kritischen Hälfte“ über die antikritische um 73 Fälle, und über die Hälfte der Fälle überhaupt um 37 d. h. um 7 pCt. Aber abgesehen davon, dafs auch hier das Jahr 1888 einen sehr beträchtlichen Ueberschufs zu Gunsten der „antikritischen Hälfte“ ergiebt, die Veränderlichkeit also wieder sehr grofs ist,

und dafs 7 pCt. noch immer einem kleinen Mondeinflusse entsprechen würde, lehrt uns die Betrachtung der Tabelle 2, dafs gerade der von Falb verlangte Mondeinflufs nicht wohl vorhanden sein kann. Denn gerade der „kritische Tag“ selbst weist in jedem Jahre und im Durchschnitt der drei Jahre gegenüber den vorhergehenden und den nachfolgenden Tagen einen Minderwerth auf; besonders auffallend ist der Gang im Jahre 1889, wo wir in der „kritischen“ Pentade die Werthe finden: 27, 37, 28, 36, 25; ein Hin-und-her, wie es nur bei Erscheinungen vorkommt, die man ganz zufällig gruppirt. Dafs da die am kritischen Tage selbst an sich stärkste „Hochfluthkonstellation“ in solcher Weise zum Ausdruck kommen kann, müfste jedenfalls erst bewiesen werden; ohne diesen Beweis hätten wir offenbar eine grundlose Behauptung vor uns. Auch die Maxima fallen in den einzelnen Jahren auf sehr verschiedene Tage, im Jahre 1888 auf den 3., 1889 auf den 10. und 1890 auf den 15. Tag (dies trotz der geringeren Anzahl von Perioden, welche diesen Tag enthalten). Im Durchschnitte der drei Jahre fällt aber das Maximum auf den 14. Tag. Alle diese Erwägungen führen zu dem gleichen Schlusse, dafs wir es hier mit einem so veränderlichen Elemente zu thun haben, dafs aus den drei Jahren allein zweifellos kein gültiger Schlufs betreffs des Verhaltens der Häufigkeit der Stürme gegenüber den „kritischen Tagen“ zu ziehen ist. Hieraus folgt aber dann wieder, dafs, wenn eine dreijährige Periode nicht hinreicht, den Einflufs der „kritischen Tage“ klar zu stellen, dieser Einflufs ein sehr geringer sein mufs; denn ein starker Einflufs würde, wenn nicht in jeder einzelnen Periode, so doch gewifs in dem Durchschnitte der zweimal 25 und 24 Perioden der drei Jahre sich deutlich kundgeben.

Wir können daher wieder nicht umhin festzustellen, dafs es uns nicht gelungen ist, in exakter Weise einen irgend nennenswerthen Einflufs des Mondes auf die Häufung der Stürme an „kritischen Tagen“ nachzuweisen.

Kommen wir nun zur gleichen Untersuchung betreffs der Niederschläge. Falb verlangt für die kritischen Tage „vermehrte Niederschläge“. Ich glaube, dafs dieselben auf zweierlei Weise hervortreten: durch Ausbreitung über weite Gebiete und durch gröfsere Niederschlagsmengen. Ich habe daher diese beiden Arten „vermehrter Niederschläge“ jede für sich untersucht, und weil die zweite Art in ihrer stärksten Potenzirung Ueberschwemmungen hervorruft, habe ich auch noch als dritte Art die Ueberschwemmungen für sich zusammengestellt. Ich lasse nun wie früher die Tabellen folgen.

3. Die Ausbreitung der Niederschläge in Bezug zu den „kritischen Tagen".

									kritisch						
Tag . .	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1888 . .	440	438	424	397	501	518	479	393	456	486	502	494	425	410	(323)
1889 . .	483	489	471	467	541	513	538	453	509	473	525	476	552	525	(337)
1890 . .	559	520	461	473	484	506	445	460	475	467	441	440	452	495	(384)
Summe	1482	1447	1356	1337	1526	1537	1462	1306	1440	1426	1468	1410	1429	1430	(1044)

Die Zahlen stellen die Summen der für jeden Tag gezählten Stationen mit Niederschlag vor.

Aus dieser Tabelle läfst sich in keiner Weise irgend ein bemerkenswerther Einflufs der „kritischen Tage" auf eine gröfsere Ausbreitung der Niederschläge herausfinden. Ich lasse aber dennoch zur deutlicheren Uebersicht wieder die Summen für die „kritische" Pentade und für die „kritische Hälfte" folgen.

	1888	1889	1890	1888/90
Gesamtheit der Fälle . . .	6686	7352	7061	21100
kritische Pentade	2363	2535	2275	7173
$^1/_3$ der Gesamtheit	2229	2451	2354	7033

	kritische Hälfte	antikritische Hälfte
1888	3166	3197
1889	3513	3502
1890	3230	3448
1888/90	9909	10147

Während daher die „kritische" Pentade im Durchschnitte um 2 pCt. im Ueberschufs ist gegen das Drittel der Gesamtheit, ist die „kritische Hälfte" gegen die andere Hälfte um etwas mehr als 1 pCt. im Rückstande, ein Resultat, das am besten der gleichmäfsigen Vertheilung der Fälle auf die einzelnen Tage der ganzen Periode entspricht.

4. Die Niederschlagsmengen in Beziehung zu den „kritischen Tagen".

									kritisch						
Tag . .	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1888 . .	3377	3329	2643	2843	3553	4608	3444	2875	3753	3780	3854	2895	2902	3052	(2199)
1889 . .	3745	3924	3239	3453	3668	3854	4031	3301	3226	3242	3826	2902	3548	3515	(2323)
1890 . .	3703	3256	2876	3002	3885	4321	3139	3670	3312	3411	2627	2617	3055	3767	(3252)
Summe	10825	10509	8758	9298	11106	12783	10614	9846	10301	10433	10307	8414	9505	10333	(9774)

Die Zahlen bedeuten Millimeter Niederschlagshöhe.

Der Gang der Zahlen leugnet hier direkt einen Einflufs der „kritischen Tage" auf die Vermehrung der Niederschlagsmengen. Stellen wir aber die Summe der „kritischen" Pentade und der „kritischen Hälfte" dennoch her.

	1888	1889	1890	1888/90
Gesamtheit	49107	51807	49892	150806
kritische Pentade . . .	17184	16754	15022	48960
$^1/_3$ der Gesamtheit . .	16336	17269	16631	50279

	kritische Hälfte	antikritische Hälfte
1888	23111	23797
1889	23570	25914
1890	22458	24182
1888/90	69139	73893

Hier ist also sowohl die „kritische“ Pentade als die „kritische Hälfte“ im Rückstand und wird daher wohl jede Versuchung ferne liegen, aus diesen Zahlen einen irgend nennenswerthen Einfluſs der „kritischen Tage“ auf die Niederschlagsmenge herzuleiten.

Es wäre aber immerhin noch möglich, daſs wenigstens jene enormen Niederschläge, welche Ueberschwemmungen hervorrufen, mit den „kritischen Tagen“ einen engeren Zusammenhang aufweisen. Wir wollen daher auch diese nach obiger Weise zusammenstellen, nur mit der Bemerkung, daſs wegen der geringen Anzahl der Fälle den einzelnen Jahren wenig Gewicht für etwaige Schlüsse beigemessen werden kann und daſs selbst drei Jahre noch ein sehr wenig zahlreiches Material liefern, daher selbst aus diesen der wahre Gang der Ueberschwemmungen nicht ermittelt werden kann.

5. Die Ueberschwemmungen in Beziehung zu den kritischen Tagen.

									kritisch						
Tag . .	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1888 . .	1	2	1	2	2	2	4	4	4	5	3	3	1	3	(0)
1889 . .	1	3	2	0	1	3	1	1	0	1	1	3	0	1	(1)
1890 . .	1	3	3	3	1	4	3	4	3	2	2	0	0	3	(1)
Summe .	3	8	6	5	4	9	8	9	7	8	6	6	1	7	(2)

	1888	1889	1890	1888/90
Gesamtheit	37	19	33	89
kritische Pentade . . .	16	5	7	28
$^1/_3$ der Gesamtheit . . .	12	7	11	29

	kritische Hälfte	antikritische Hälfte
1888	23	14
1889	7	11
1890	14	18
1888/90	44	43

In Bezug auf die Bedeutung der Zahlen bemerke ich, daſs hier jeder Tag, an welchem der Ausbruch einer Ueberschwemmung gemeldet wurde, als Einheit gezählt ist.

Betrachten wir den Gang dieser Erscheinung in der Tabelle, so bemerken wir sofort, dafs eine Bevorzugung der „kritischen Tage“ durch Ueberschwemmungen nicht vorliegt. In der That entspricht sowohl die Anzahl der Fälle für die „kritische“ Pentade als für die „kritische Hälfte“ ganz dem Falle einer gleichmäfsigen Vertheilung auf jeden einzelnen Tag der ganzen Periode. Dennoch mufs ich neuerdings darauf aufmerksam machen, dafs die in Untersuchung gezogene Anzahl der Jahre durchaus ungenügend ist, um, bei der Seltenheit der Ueberschwemmungen, eine irgend sichere Schlufsfolgerung ziehen zu können. Nur das Eine dürfte feststehen, dafs ein bedeutender Einflufs der „kritischen Tage“ auf die Ueberschwemmungen nicht vorhanden ist, weil ein solcher sich auch schon in dieser kurzen Zeit der drei untersuchten Jahre deutlich ausdrücken würde.

Es erübrigen uns noch die „ungewöhnlichen Erscheinungen“, unter welche wir Gewitter im Winter, Schneefälle im Sommer, Gewitter gleichzeitig mit Schneegestöber, und die ersten Gewitter im Frühjahre und den ersten Schnee im Herbste, also die Punkte 2 bis 5 nach der Falbschen Aufzählung (S. 2) zusammenfassen. Ich bemerke auch hier, dafs trotz dieser Zusammenfassung die Anzahl der Fälle eine so kleine ist, dafs kaum die drei Jahre hinreichen, um eine sichere Schlufsfolgerung über den Zusammenhang dieser Erscheinungen mit den „kritischen Tagen“ zu gestatten; jedenfalls gestatten sie die einzelnen Jahre nicht.

Ich lasse nun wieder die Tabelle wie früher folgen.

6. Die „ungewöhnlichen Erscheinungen“ in Beziehung zu den „kritischen Tagen“.

									kritisch						
Tag	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1888	7	3	5	3	4	2	5	0	4	2	3	4	5	5	(6)
1889	2	5	3	5	3	2	2	5	4	2	1	2	3	4	(4)
1890	5	2	2	4	12	7	7	4	4	5	2	5	3	4	(1)
Summe	14	10	10	12	19	11	14	9	12	9	6	11	11	13	(11)

	1888	1889	1890	1888/90
Gesamtheit	58	47	67	172
kritische Pentade	18	12	19	49
1/3 der Gesamtheit	19	16	22	57

	kritische Hälfte	antikritische Hälfte
1888	23	29
1889	21	22
1890	27	39
1888/90	71	90

Die Zusammenstellung schliefst jedenfalls einen irgendwie bedeutenden Einflufs der „kritischen Tage“ auf diese Gruppe von Erscheinungen aus.

Wir müssen nun aus allen bisherigen Darlegungen zu dem Schlusse kommen, dafs ein Einflufs der „kritischen Tage“, wie ihn Falb will, ein Einflufs von Bedeutung, auf keine einzelne der untersuchten Erscheinungen nachweisbar ist. Wir haben gesehen, dafs die Frage: ob nicht vielleicht diese Erscheinungen, von welchen Falb ja gezeigt hat — wir geben dies gerne zu — dafs sie häufig an „kritischen Tagen“ eintreffen, ebenso oft oder sehr nahe ebenso oft an anderen Tagen sich einstellen? bejahend zu beantworten ist und dafs daher ihr Eintreten kein Charakteristikum der „kritischen Tage“ ist, was Falb behauptet hatte.

Man könnte nun aber die Frage aufwerfen, ob nicht die Häufung mehrerer dieser Erscheinungen gerade den kritischen Tagen eigen ist? Allein wir haben gesehen, dafs sich jede einzelne derselben ziemlich gleichmäfsig über die ganze Periode vertheilen dürfte und daraus würde ohne weiteres folgen, dafs auch die Gesamtheit aller dieser Erscheinungen ziemlich gleichmäfsig über die ganze Periode sich vertheilt. Allein wir wollen hier keinen Zweifel zurücklassen und lieber alle Erscheinungen für jeden Tag der ganzen Periode summiren, um aus der Summe zu ersehen wie sich die Gesamtheit derselben zu den „kritischen Tagen“ verhält.

Ehe wir aber diese Summirung vornehmen können, müssen wir die für jede Erscheinung gegebenen Zahlen gleichwerthig machen. Dies kann auf verschiedene Weise geschehen; ich wähle den Vorgang, die Zahlen der bisherigen Tabellen in Prozente der ganzen Summe umzurechnen und dann diese Prozente einfach als Zahlen zu behandeln. Ich lasse die so erhaltene Tabelle für den ganzen in Untersuchung gezogenen Zeitraum von drei Jahren hier folgen.

7. Gesamtheit der Erscheinungen und die „kritischen Tage“.

									kritisch					
Tag	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Depressionen	6.8	6.0	6.7	7.0	6.9	7.2	6.9	6.8	6.5	6.5	6.8	6.8	7.3	6.8	(4.9)
Stürme	7.1	6.9	5.7	6.1	5.6	6.0	5.7	5.6	7.4	8.2	5.8	6.6	7.2	9.0	(6.9)
Niederschlag Ausbreit.	7.1	6.8	6.4	6.3	7.2	7.3	6.9	6.4	6.8	6.7	6.9	6.6	6.8	6.8	(4.9)
Niederschlag Menge	7.1	6.9	5.8	6.1	7.2	8.5	7.0	6.5	6.8	6.9	6.8	5.5	6.3	6.8	(5.8)
Ueberschwemm.	3.4	9.0	6.7	5.6	4.5	10.1	9.0	10.1	7.9	9.0	6.7	6.8	1.1	7.9	(2.3)
Ungew. Erschein.	8.1	5.8	5.8	7.0	11.1	6.4	8.1	5.2	7.0	5.2	3.5	6.4	6.4	7.6	(6.4)
Summe	39.6	41.4	37.1	38.1	42.5	45.5	43.6	40.6	42.4	42.5	36.5	38.7	35.1	44.9	(31.2)

Also auch die Gesamtheit der Erscheinungen läfst keinen besonderen Einflufs der „kritischen Tage“ erkennen, es zeigt sich keine Häufung der nach Falb für die „kritischen Tage“ charakteristischen Erscheinungen an diesen Tagen. Es ergeben sich auch in der That folgende Verhältnisse für die „kritische“ Pentade und für die „kritische Hälfte“:

Gesamtheit	599.7 (600)
kritische Pentade . . .	195.2
$^1/_3$ der Gesamtheit . . .	199.9 (200)

kritische Hälfte	antikritische Hälfte
280.7	287.8

Dies Resultat entspricht wieder am besten der gleichmäfsigen Vertheilung der Erscheinung über die ganze Periode, ohne Bevorzugung eines Theiles derselben. Ein solches Resultat ist nur möglich, wenn kein Einflufs an einem bestimmten Tage oder einer Gruppe von Tagen vorhanden ist, welcher die Erscheinungen besonders an bestimmten Tagen hervorrufen würde. Wir sind daher durch die Prüfung der Thatsachen berechtigt zu der Behauptung: der von Falb für die „kritischen Tage“ und ihre Umgebung behauptete Mondeinflufs ist entweder gar nicht vorhanden oder wenn er vorhanden ist, kann er nur sehr klein und von ganz untergeordneter Bedeutung sein.

Diese Schlufsfolgerung bezieht sich zunächst nur auf Europa, da wir nur aus den in Europa verzeichneten Wettererscheinungen unsere Tabellen erhalten haben.

(Schlufs folgt.)





Weitere Studien über die Sonnencorona hat F. H. Bigelow jüngst[1]) im Anschlufs an seine früher bereits[2]) von uns besprochene mathematische Untersuchung der Gestalt der Coronastrahlen veröffentlicht. Die genaue Ausmessung einiger, von den Finsternissen vom 29. Juli 1878, 1. Januar und 22. Dezember 1889 herstammender Coronaphotogramme hat nämlich zu folgenden Ergebnissen geführt:

Die Corona-Pole liegen in heliographischen Breiten von ungefähr 85⁰, aber nicht auf entgegengesetzten Meridianen; ihr Längenunterschied beträgt nur 104⁰, ähnlich wie z. B. auch der Längenunterschied der magnetischen Pole der Erde nur gleich 115⁰ ist. Aus der Lage der Corona-Pole bei den verschiedenen Finsternissen ergab sich für diese polare Region des Sonnenkörpers eine Rotationsdauer von 27,41 Tagen, eine Periode, die sich freilich, wie wohl kaum anders zu erwarten war, mit dem für Flecken geltenden Rotationsgesetz nach keiner der für dieses bisher gegebenen Formeln in Uebereinstimmung befindet. Die Hauptstrahlen der Corona gehen ferner nach Bigelows jetziger Ansicht von einer nur etwa 10⁰ breiten Zone aus, deren Mitte 34⁰ von den Corona-Polen entfernt ist. Die Zahl dieser Strahlen ist nicht grofs, wohl aber ihre Ausdehnung. Etwa einen Sonnenradius weit lassen sich diese leuchtenden Ströme sichtbar verfolgen und unter Berücksichtigung ihrer Krümmung liegen ihre äufsersten Theile ungefähr senkrecht über der Zone gröfster Fleckenhäufigkeit. Bigelow meint, dafs an diesen Stellen das Glühen der in den Strahlen emporgestiegenen Partikel infolge der Abkühlung aufhöre, und dafs die Massen nunmehr auch keine polare Abstofsung mehr erfahren, sondern nur noch dem Gravitationsgesetz gehorchend wieder zur Sonne zurückfallen; nehmen doch auch viele Forscher, wie z. B. Young, in der That an, dafs in den Flecken Stofftheilchen in tiefere Schichten der Sonnenoberfläche herabsinken. Indem nun die zur

[1]) Amer. Journ. of Science, November 1890; Publ. of the Astron. Soc. of the Pacific, No. 16.

[2]) Himmel und Erde, II, S. 479.

Sonnenoberfläche zurückgekehrten Massen sich der allgemeinen, vom Aequator nach den Polen hin verlaufenden Oberflächenströmung anschliefsen, mögen sie schliefslich wieder an ihren Ausgangspunkt zurück gelangen, um den Kreislauf von neuem zu beginnen. Die beschleunigte Rotationsgeschwindigkeit der dem Aequator näheren Flecken würde sich dann mit Young in einfacher Weise durch die aus der Höhe mitgebrachte, gröfsere lineare Geschwindigkeit der herabsinkenden Theilchen erklären lassen.

Die von Spörer zuerst bemerkten, mit der Fleckenperiodicität zusammenhängenden Wanderungen der Haupt-Fleckenzone in meridionaler Richtung mögen dann entweder durch eine Variation des Abstandes der Strahlenausgangszone von den Corona-Polen, oder auch durch eine Intensitätsschwankung der abstofsenden Kraft, welche die Theilchen in den Strahlen emportreibt, bedingt sein. Aus dem Umstande endlich, dafs die beiden Corona-Pole sich nicht diametral gegenüberliegen, sondern sich auf einer und derselben Seite der Sonne befinden, würde auch eine Ungleichheit der Fernewirkungen der beiden Sonnenhemisphären verständlich werden, wie sie durch einige terrestrische Phaenomene, in denen eine mit der Rotationsdauer der Sonne übereinstimmende Periodicität zu Tage tritt, angedeutet zu sein scheint.

Bigelows Theorie, die ihr Urheber, um über die Art der abstofsenden Kraft möglichst wenig vorauszusetzen, schlechtweg als „Polarisations-Theorie" bezeichnet, scheint also in der That geeignet zu sein, zahlreiche Fragen der Sonnenphysik zu erhellen und es ist zu wünschen, dafs möglichst bald Coronaphotogramme in genügend grofsem Mafsstabe gelingen möchten, damit noch schwebende Probleme durch genauere Ergründung der Gestalt und Lage der Coronadetails auf exaktem Wege der Lösung näher geführt werden können.

F. Kbr.



Die Frage nach der Entstehung der elliptischen Bahnen periodischer Kometen beschäftigt noch andauernd namhafte Analytiker aufs lebhafteste. Dafs bei starker Annäherung eines Kometen an einen Planeten durch die anziehende Wirkung des letzteren die Kometenbahn unter Umständen gänzlich umgeformt werden kann, ist bereits von Laplace erkannt und des Näheren beleuchtet worden. Man ist auf Grund dieser theoretischen Untersuchungen zu der Ueberzeugung gelangt, dafs möglicherweise die periodischen Kometen sich ursprünglich in regulären, parabolischen Bahnen um die Sonne be-

wegt haben, aus denen sie erst gelegentlich einer starken Planetenannäherung derart abgelenkt worden seien, dafs sie dauernd an das Sonnensystem gefesselt wurden. — Bei der unvermeidlichen Ungenauigkeit, mit welcher nun auch die besten Kometenbahnbestimmungen wegen der Fehler der zu Grunde gelegten Beobachtungen behaftet zu sein pflegen, ist es aber in jedem gegebenen Falle nicht leicht, die gegenseitige Stellung von Komet und störendem Planet zur Zeit der gröfsten Annäherung mit genügender Sicherheit zu ermitteln, um aus den Beobachtungen des späteren Laufes die Bahnelemente des Kometen vor der grofsen Störung ableiten zu können. Die rechnerische Untersuchung mufs sich darum in der Regel damit begnügen, die Möglichkeit einer ursprüglich parabolischen Form der gegenwärtig elliptischen Bahn nachzuweisen. In dieser Beziehung sind nun in jüngster Zeit einige der bis jetzt als periodisch erkannten Kometen mit durchaus günstigem Erfolge von Tisserand, Callandreau und Schulhof untersucht worden. Schulhof kommt am Schlusse seiner Abhandlung [1]) zu interessanten, allgemeineren Bemerkungen folgenden Inhalts: Die Theorie der Fesselung von Kometen an das Sonnensystem führt zu einer Eintheilung der periodischen Kometen, welche ganz verschieden ist von jener, die die Kometen mit nahezu gleichen Apheldistanzen zusammenfafst und diese Gruppe dann demjenigen Planeten zuordnet, dessen halbe grofse Axe sich nur wenig vom Mittel der Apheldistanzen jener Kometenbahnen unterscheidet. Vielmehr müssen vernünftigerweise die elliptischen Kometen nach den Annäherungsstellen mit grofsen Planeten gruppirt werden. Dementsprechend giebt Schulhof eine Zusammenstellung, bei welcher fast alle periodischen Kometen mit Umlaufszeiten zwischen 10 und 10000 Jahren irgend einem Planeten, dem sie sich stark nähern können, zugeordnet werden; eine erkleckliche Anzahl zeigt sogar Annäherungen an zwei oder sogar drei Planetenbahnen. Die Anzahl der einem jeden Planeten zugeordneten Kometen ist aus folgender Tabelle zu entnehmen:

Merkur	mit	4	Kometen
Venus	„	7	„
Erde	„	10	„
Mars	„	4	„
Jupiter	„	23	„
Saturn	„	9	„

[1]) Siehe „Bulletin astronomique“; Avril, Mai, Juin 1891.

Uranus mit 8 Kometen
Neptun „ 5 „

Unter den verhältnifsmäfsig wenigen periodischen Kometen, welche sich keinem Planeten genügend nähern, ist eine Gruppe von vier Kometen hervorzuheben, welche die Ekliptik erst in einer Distanz von etwa 70 Erdbahnhalbmessern durchschneiden und vielleicht auf einen in jener Entfernung (also weit jenseit des Neptun) sich bewegenden Planeten hindeuten könnten. Zu denjenigen Kometen, welche eine Annäherung an einen der grofsen Planeten vermissen lassen, gehören auch die Kometen mit abnorm kleiner Periheldistanz. Die Elliptizität der Bahnen dieser Körper könnte auf ein in unmittelbarer Umgebung der Sonne vorhandenes, widerstehendes Mittel zurückgeführt werden, dessen Dichtigkeit aber jedenfalls in gröfserem Abstand von der Sonne so schnell abnehmen müfste, dafs es zur Erklärung der am Enckeschen Kometen beobachteten Erscheinungen nicht herangezogen werden könnte. Denn während die Kometen 1843 I und 1882 II bei einer Periheldistanz (q) von 0,006 resp. 0,008 Erdbahnhalbmessern Umlaufszeiten von 533 und 843 Jahren haben, zeigt schon der Komet 1882 I, für welchen $q = 0{,}06$ ist, fast keine Spur von Elliptizität mehr. Das Kometensystem 1843 I, 1882 II etc. nähert sich übrigens gegenwärtig der Pallasbahn bis auf 0,05 Erdbahnhalbmesser und es kann sonach vielleicht auch dieser kleine Planet ursprünglich die Exzentrizität der genannten Kometen verändert haben. F. Kbr.



Verschiebung des Meridianinstrumentes auf Madagaskar durch Erdbeben.

Aus dem letzten Jahrgang unserer Zeitschrift ist unseren Lesern wohl noch erinnerlich, dafs auf Madagaskar unweit der Haupt- und Residenzstadt Tananariva ein neues Observatorium[1]) unter der Direktion des Paters Colin errichtet worden ist. Von den bisherigen auf diesem Observatorium angestellten Beobachtungen dürfte eine Untersuchung, über welche der Direktor dieses jungen Institutes an die Pariser Akademie der Wissenschaften berichtet hat, von allgemeinerem Interesse sein.

Schon früher sind auf Sternwarten des öfteren Niveaustörungen beobachtet und auch auf bestimmte Erdbeben zurückgeführt

[1]) Siehe Abbildung des Observatoriums in „Himmel und Erde", Jahrg. 2, Seite 528.

worden; in einigen Fällen konnte gleichzeitig die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erdbebenwelle[2]) bestimmt werden. Am Morgen des 20. September 1867 fand Wagner in Pulkowa, als er sich zu einer Kulminationsbeobachtung des Sternes δ Ursae minoris rüstete, das Niveau am Passageinstrument in so starker Bewegung, dafs eine Ablesung desselben unmöglich war. Aehnliche oscillirende Bewegungen der Blase zeigten sich an der Wasserwage des 6 m weiter entfernten Vertikalkreises, die zu dem ersterwähnten Niveau senkrecht stand. Diese starke Bewegung der beiden Wasserwagen war durch ein Erdbeben auf Malta verursacht. Die Erdbebenwelle hatte sich von Malta bis Pulkowa in weniger als 13 Minuten fortgepflanzt, d. h. mit einer Geschwindigkeit von mindestens 3700 m in der Sekunde. Wagner hatte schon in den Jahren 1861 und 1863 Niveaustörungen beobachtet, ohne sie jedoch auf bestimmte Erdbeben zurückführen zu können. Im Jahre 1868 beobachteten Gromadski und Fufs wieder eine Unruhe des Niveaus in Pulkowa, die mit Erderschütterungen in Turkestan in Centralasien identifizirt werden konnten.

Später sind noch zweimal solche Niveaustörungen in Pulkowa beobachtet worden, einmal von Romberg am 19. Oktober 1874 am Repsoldschen Meridiankreis, ein zweites Mal am 10. Mai 1877 von Nyrén am Passageinstrument im ersten Vertikal. Die erste Störung rührte von einem starken Erdbeben in Guatemala her, bei dem über 200 Menschen ihren Tod gefunden hatten, und die zweite von einem Erdbeben, dessen Erschütterungsherd nach Geinitz' Feststellungen in der Gegend von Iquique an der Westküste Südamerikas zu suchen ist. Die Entfernung von Iquique bis Pulkowa, etwa 10 600 km, wurde in 1 Stunde und 14 Minuten zurückgelegt, so dafs der Stofs mit einer Geschwindigkeit von 2400 m in der Sekunde sich fortpflanzte, unter der Annahme, dafs er vom Centrum des Erdbebens ausgegangen war. Nyrén neigt der Ansicht zu, dafs der regelmäfsige Verlauf dieser Niveaustörung für die Richtigkeit der Fluiditätshypothese des Erdinnern spricht, denn wäre das Medium, durch das der Stofs sich fortpflanzte, ein starrer Körper, so könnten die Schwankungen keinen so regelmäfsigen Gang zeigen. Dem Referenten scheinen die grofsen Fortpflanzungsgeschwindigkeiten bei Erdbeben gleichfalls für die Fluiditätshypothese zu sprechen, zumal neuere Bestimmungen der Fortpflanzungsgeschwindigkeit im festen Gestein von Naguès u. A. zu übereinstimmenden kleineren Resultaten geführt haben.

[2]) „Himmel und Erde", Jahrg. 2, Seite 52.

Von besonderem Interesse wurde die von Prof. Albrecht am Abend des 2. August 1885 zu Berlin beobachtete Niveaustörung dadurch, dafs diese Störung nahezu gleichzeitig von Richter in Breslau und Borrafs in Königsberg wahrgenommen wurde. Es zeigte sich nämlich, dafs bei gleicher Gesamtdauer der Niveaustörung an allen drei Orten die Dauer eines einzelnen Hin- und Herganges der Niveaublase in Königsberg kürzer als in Breslau und Berlin war und dafs besonders die Amplitude der Schwankungen in Königsberg $3^1/_2$ mal, in Breslau 2 mal so grofs war als in Berlin. Der Erdbebenherd mufste hiernach näher bei Königsberg und Breslau als bei Berlin liegen. In der That hatte in derselben Nacht, 24 Minuten vorher, in Turkestan am Nordabhange des Alexander-Gebirges ein starkes Erdbeben stattgefunden; die Fortpflanzungsgeschwindigkeit betrug hiernach 3200 m in der Sekunde. Noch zweimal sind in Berlin ferne Erdbeben durch Niveaustörungen erkannt worden, am 11. Juli 1889 das Erdbeben von Werny in Centralasien von Dr. Marcuse, und am 25. August 1889 das griechische Erdbeben von Dr. Küstner[3]). Die Fortpflanzungsgeschwindigkeiten betrugen 3500 m beziehungsweise etwas über 3000 m. Nach der chronographischen Registrirung von Dr. Küstner betrug die Dauer einer ganzen Schwingung der Wasserblase bei dem griechischen Erdbeben $7^1/_2$ Sekunde.

Das Erdbeben von Werny, welches sich auch unter vielen anderen Erdbeben an den in Potsdam und Wilhelmshaven von E. v. Rebeur-Paschwitz zum Zwecke der Untersuchung der relativen Variationen der Lothlinie aufgestellten empfindlichen Horizontalpendel bemerkbar gemacht hatte, war auch schon 3 Minuten früher als in Berlin von Prof. Wild in Pawlowsk bei Petersburg an den Ausschlägen des Magnetographen und Elektrographen des erdmagnetischen Observatoriums beobachtet worden. Schon das grofse Erdbeben an der Ligurischen Küste vom 23. Februar 1887 hatte sich auf vielen magnetischen Observatorien in Italien, Frankreich, Oesterreich, Deutschland und England durch Störungen kundgegeben. Dafs die Wirkung des Erdbebens eine mechanische und keine magnetische gewesen, erhellte daraus, dafs die Magnete nicht, wie sonst bei Störungen, abgelenkt wurden, sondern um ihre Gleichgewichtslage hin und her pendelten. Diese Auffassung erhält noch eine wesentliche Stütze durch das Nichtauftreten der Störung an den registrirenden Apparaten in Pawlowsk, das sich durch die grofse Entfernung dieser Station vom Erdbebencentrum erklärt, wenn die Störung einer Reihe mechanischer Stöfse der Erd-

[3]) „Himmel und Erde", Jahrg. 2, Seite 144.

oberfläche zuzuschreiben ist. Dennoch wollen wir es nicht unterlassen, auf die entgegenstehenden Beobachtungen von Moureaux gelegentlich zweier Erdbeben am 30. Mai und 25. Oktober 1889[4]) und Chevaliers Bemerkungen[5]) über Erdbeben in Chang-Haï hinzuweisen, wonach ein neben dem Magnetometer aufgehängter Kupferstab ruhig blieb, indessen der Magnetometer während des Erdbebens starke Schwankungen zeigte. Es dürfte unsere Leser interessiren, dafs auch die jüngsten oberitalienischen Erdbeben sich durch eine Gangstörung der photographisch registrirenden Instrumente des erdmagnetischen Observatoriums in den frühen Morgenstunden des 7. Juni dieses Jahres zu Potsdam, wie es scheint, bemerkbar gemacht haben. Dr. Eschenhagen neigt der Ansicht zu, dafs die Störungen der magnetischen Apparate bei Erdbeben nur durch mechanische Erschütterungen derselben verursacht werden und glaubt das Ruhigbleiben der Kupferstäbe bei Moureaux durch die Stabilität der bifilaren Aufhängung derselben im Gegensatz zu der labilen Aufhängung der Magnetstäbe an Torsionsfäden erklären zu können. Einer genaueren Bearbeitung aller einschlägigen Beobachtungen wird es vorbehalten bleiben, einen weiteren Beitrag zur Lösung der Frage nach der Natur dieser magnetischen Störungen zu liefern.

Bei den Beobachtungen von Colin handelt es sich nicht mehr um einfache zeitliche Störungen des Niveaus oder anderer empfindlicher Instrumente, sondern um eine dauernde azimutale Verschiebung des Meridianinstrumentes infolge von Erdbeben. Es haben vom 1. Januar bis Juni 1890 auf Madagaskar 5 Erdbeben stattgefunden. Das erste Erdbeben ging von Betafo, 120 km südwestlich von Tananariva am 16. Februar aus. Die wellenförmige Bewegung des Erdbodens trat um 7 Uhr 45 Minuten abends in Tananariva in Richtung von Ost nach West 8 Sekunden lang auf; die stärksten Schwankungen währten etwa 4 Sekunden. Am 21. desselben Monats, Mittags 2 Uhr 30 Minuten, wurden wiederum 2 Stöfse in der Hauptstadt, diesmal in Richtung von Süd-Süd-Ost nach Nord-Nord-West, bemerkt.

Am 29. März, sechszehn Tage nach einem Ausbruch des Vulkans der Insel Réunion, fand wieder eine leichte Wellenbewegung des Erdbodens in Richtung von Ost nach West unter dumpfem Geräusch statt. Am folgenden Tag trat noch einmal eine Erderschütterung ein, jedoch ohne ein begleitendes Geräusch.

Das fünfte Erdbeben ging von Fianarantsoa, ungefähr 400 km

[4]) Comptes Rendus, T. 108, Seite 1189; T. 109, Seite 660.
[5]) Comptes Rendus, T. 110, Seite 670—672.

südlich von Tananariva aus, am 23. Mai, Mittags 3 Uhr und dauerte fast eine Minute lang; die Bewegung zeigte keine ausgesprochene Richtung.

Tananariva und Fianarantsoa sind auf festem Gestein erbaut, während Betafo auf vulkanischem Terrain liegt. Der Pfeiler des Meridianinstrumentes ruht auf Thonboden, der mit Granitgestein untermischt ist; seine Fundirung ist eine sehr solide; ein 15 km entfernter Hausgiebel dient als Mire. Das Instrument war immer gegen Westen verschoben. Im Februar wurden die Beobachtungen mit dem Meridianinstrument fast regelmäfsig durch nächtliche Stürme und Regenschauer vereitelt; der folgende Monat war für die astronomischen Beobachtungen günstiger. In der Nacht vom 27. zum 28. März, vor dem Erdbeben, wurde die Azimutalabweichung des Meridianinstrumentes zu 57,95 Sekunden westlich vom Meridian bestimmt; am 31. März, nach den Erdstöfsen, war die westliche Abweichung auf 1 Minute 14,71 Sekunden gestiegen. Dieselben Sterne waren zur Bestimmung beider Abweichungen benutzt worden. Eine Neubestimmung am 1. April ergab wieder eine kleinere westliche Azimutalabweichung, nämlich 51,04 Sekunden. Diese Erdbeben vom 29. und 30. März hatten sich auch durch eine derartige Senkung des Westendes der Axe des Instrumentes bemerkbar gemacht, dafs die Richtigstellung nur durch Regulirung der Fufsschrauben erreicht werden konnte. Während des Monats April trat keine wesentliche Aenderung der Konstanten des Instrumentes ein. Im Monat Mai jedoch betrug nach dem Erdbeben von Fianarantsoa die westliche Azimutalabweichung wieder 48,36 Sekunden, obgleich das Instrument vorher auf die Mire eingestellt war. Wegen der grofsen Entfernung der Mire (15 km) scheint es ausgeschlossen, dafs diese Azimutalabweichung des Instrumentes durch Unruhe der Mire verursacht worden ist. Wenn weitere Beobachtungen bestätigen werden, dafs in den Erdbeben die thatsächliche Ursache dieser Verschiebungen zu suchen ist, so dürfte es für die Interessen der messenden Astronomie nothwendig werden, die Wahrnehmung jeder Erderschütterung an den Observatorien durch Aufstellung eines höchstempfindlichen Registrirapparates zu sichern, damit auch die zu erwartenden kleineren Axen- und Azimutalverschiebungen während einer astronomischen Beobachtung, die sich der direkten Wahrnehmung entziehen, auf die Fundamentalmessungen nicht trübend einwirken können. Dies gilt auch für die Sternwarten in scheinbar erdbebenfreien Gegenden, da beispielsweise von v. Rebeur-Paschwitz in Potsdam und Wilhelmshaven nahezu dreifsig Erderschütterungen in wenigen

Monaten mit dem Horizontalpendel nachgewiesen werden konnten. Es bedarf wohl kaum der besonderen Erwähnung, dafs von solchen Registrirapparaten auch manche Aufklärungen über den inneren Bau und die Beschaffenheit des Erdkörpers zu erwarten sind.

F. S. Archenhold.



Scylla und Charybdis.

Die nach den Schilderungen der Odyssee unter dem Namen Scylla und Charybdis bekannten Seeungeheuer, welche in der Durchfahrt zwischen Sicilien und dem Festland von Italien ihr Unwesen trieben, den passierenden Schiffern auflauernd und Verderben und Untergang bringend, haben noch längere Zeit die Schrecken der Seefahrer gebildet. Erst allmählich fing jene Fabel an festere Gestalt zu gewinnen und ihre natürliche Erklärung zu finden. Jene Ungeheuer, welche die sich ihnen nähernden Schiffe an sich lockten und in den Abgrund zogen, erwiesen sich als Wirbelströmungen und Strudel, welche im nördlichen Theile der Strafse von Messina gelegen, kleinen von unkundiger Hand gelenkten Fahrzeugen noch jetzt gefährlich werden können, und zwar dürfen als Scylla die am nördlichen Ausgange der Strafse — bei welchem der Ort Scylla an der kalabrischen Küste liegt — auftretenden Strudel angesehen werden, während unter Charybdis die an der gegenüberliegenden sicilianischen Seite vor dem, von Scylla allerdings um ca. 15 km entfernt liegenden Hafen von Messina sich bildenden Wirbelströmungen zu verstehen sind. Interessante Beiträge zu den wirklichen Verhältnissen der Wasserbewegungen in der genannten Strafse haben neuerdings die Untersuchungen des Königlichen Wasserbau-Inspektors Keller in Rom geliefert. Nach dem in den Annalen der Hydrographie 1891 Heft VIII veröffentlichten Bericht desselben treten in der Strafse von Messina nicht unbedeutende Gezeitenströmungen auf, obgleich die Ebbe und Fluth das Mittelmeer im übrigen nur wenig beeinflufst. Die Stärke der Strömungen in der genannten Strafse erklärt sich durch die Verschiedenheit der Hafenzeit der nächstliegenden Küstenpunkte der angrenzenden Meere, welche nahezu 6 Stunden beträgt. Während im Jonischen Meere Niedrigwasser stattfindet, ist im Tyrrhenischen Meere Hochwasser, und umgekehrt. Zeitweise beeinflufst werden die Wasserstände und die Strömungen durch die herrschenden Winde. Der eingehende Strom (rema scendente) setzt von Norden nach Süden, der ausgehende (rema montante) von Süden nach Norden durch die

Strafse. Die Stromgeschwindigkeit ist sehr verschieden und variirt zwischen 1,4 bis 5 m in der Sekunde. Bei dem Vorschreiten des eingehenden und dem Zurückweichen des ausgehenden Stromes bilden sich infolge des schnellen Wechsels in Breite, Tiefe und Richtung des Strombettes Gegen- und Unterströmungen, die schliefslich stellenweise zu Strudelbildungen führen. Der eingehende Strom beginnt am Kap Peloro, der Nordostspitze von Sicilien, zunächst an der Oberfläche, bevor noch die tieferen Wasserschichten ihre nördliche Richtung verloren haben; erst nach 1 bis $1^1/_2$ Stunden ist der Kampf mit dem Unterstrom überwunden, und hat sich das ganze Strombett mit südwärts fliefsenden Wassermassen angefüllt, welche mit ihrem Fortschreiten und dem Breiterwerden der Strafse an Geschwindigkeit abnehmen. Bei Messina findet die Strömung ein Hindernifs in dem weiten Vorsprung der sichelförmigen Halbinsel des Hafens. Die aus der Hafenbucht austretende Strömung wird in ihrem Abflufs gehemmt und es entsteht ein Kampf zwischen derselben und der Hauptströmung. Der ausgehende Strom beginnt in den unteren Schichten beim Kap Peloro, steigt an die Oberfläche und breitet sich schnell über die ganze Breite der Strafse aus. In den beiden ersten Stunden schreitet der nördlich gerichtete Strom in der Mitte gegen Süden rasch vorwärts und engt die eingehende Strömung zu beiden Seiten immer mehr ein, bis sie ganz verschwindet. Von den sich bei diesem Verlauf der Strömungen und der Gestaltung des Strombettes an verschiedenen Stellen bildenden Strudeln sind nun nach Keller diejenigen im Norden des Hafens von Messina und diejenigen am nördlichen Ausgange der Strafse am stärksten und können in den Tagen ihrer vollen Entwickelung gefährlich werden. Die ersteren sind identisch mit der Charybdis und treten besonders heftig zur Zeit der Syzygien bei starken Südostwinden auf, die letzteren entstehen hauptsächlich beim Kap Peloro, und treiben die in dieselben hinein gerathenden Fahrzeuge entweder an den sicilianischen Strand, oder in Verbindung mit der am genannten Kap quer über die Strafse setzenden Strömung nach der kalabrischen Küste, bei ausgehendem Strom gegen Scylla, bei eingehendem Strom weiter südlich. Wenngleich die Gegend unmittelbar an dem Orte Scylla keineswegs die gefahrvollste Stelle jener Küste bildet, so ist es doch wahrscheinlich, dafs man diesem Orte und dem bei demselben steil aus dem Meere hervorragenden und besonders in die Augen fallenden Felsen nach den in jener Gegend bekannten und gefürchteten Wirbelerscheinungen den Namen gegeben hat. R.



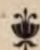
Ueber die Bedeutung von Wolkenbeobachtungen.

Um die Vorgänge in den höheren Regionen der Atmosphäre zu erforschen, ist seit einiger Zeit der Errichtung von Bergobservatorien, sowie wissenschaftlichen Luftfahrten besonderes Interesse zugewandt. Eine im Verhältnifs zur Leichtigkeit der Ausführung viel geringere Aufmerksamkeit haben die Meteorologen den Wolkenbeobachtungen geschenkt, trotzdem die Wolken gerade über das wichtigste Element, über die Luftbewegung in gröfserer Höhe unmittelbaren Aufschlufs geben. Professor Hildebrand-Hildebrandsson in Upsala gebührt das Verdienst, wiederholt auf den Werth der Wolkenmessungen hingewiesen zu haben, und seinen Bemühungen ist es zu danken, dafs auf der letzten internationalen Meteorologenkonferenz in München (26. Aug. bis 2. Sept. 1891) mehrere Direktoren meteorologischer Centralinstitute sich bereit erklärt haben, in ihren Stationsnetzen für systematische und gleichförmige Wolkenbeobachtungen Sorge zu tragen.

Dreierlei ist an einer Wolke zu beobachten: die Form, die Höhe und die Zugrichtung. Der Mannichfaltigkeit und dem raschen Wechsel der Formen ist es zuzuschreiben, dafs eine allgemein befriedigende Klassifikation der Wolken noch nicht aufgestellt ist, doch wird der Eifer, mit welchem jetzt die Wolkenphotographie getrieben wird, die Kenntnifs der Formen wesentlich fördern. Die Messung der Wolkenhöhe ist eine ziemlich schwierige Aufgabe; genaue und systematische Bestimmungen liegen nur von wenigen Orten vor. Durch die Münchener Konferenz ist für die Zukunft eine allgemeine Betheiligung an diesen Messungen gesichert.

Am einfachsten zu ermitteln ist die Zugrichtung der Wolken; es liegen daher über diesen Gegenstand auch schon eine gröfsere Anzahl von Untersuchungen vor. Professor Hildebrandsson hat sich die Mühe genommen, Aufzeichnungen über die Zugrichtung der Cirruswolken aus allen Welttheilen zu sammeln, um mit Hülfe dieses Materials eine Darstellung der Luftbewegung in ca. 7—9000 m Höhe über der Erde zu gewinnen. Es ergab sich, dafs die mittlere Richtung der obern Luftströme in der Nähe des Aequators eine östliche, in höhern Breiten dagegen eine westliche ist. In seiner neusten Abhandlung (Archiv d. Seewarte 1891) hat Professor Hildebrandsson auf zwei Karten für Januar und Juli einerseits den Gang der Cirren eingezeichnet, andrerseits die Isobaren für 400 m Höhe, wie sie Teisserenc de Bort auf Grund der Luftdruck- und Temperaturvertheilung am Erdboden konstruirt hat. Die Uebereinstimmung der Bewegung der Cirren mit dem Verlauf der obern Isobaren ist im allgemeinen eine recht gute;

man kann also aus dem Zug der Wolken einen ungefähren Schlufs auf die obere Druckvertheilung ziehen. Gleichfalls von grofser praktischer Bedeutung ist die Erkenntnifs, dafs die Richtung der obern Luftströme mit der mittleren Bewegungsrichtung der Sturmcentren zusammenfällt. — Für die Beziehung der Cirruswolken zu der kommenden Witterung in Einzelfällen haben sich jedoch bisher nur wenige bestimmte Regeln aufstellen lassen, trotzdem ein inniger Zusammenhang zwischen Cirren und Depressionen besteht. Eine möglichst vielseitige Betheiligung an diesbezüglichen Beobachtungen mufs daher als sehr wünschenswerth bezeichnet werden. Sg.



Rheotropismus und Hydrotropismus bei Pflanzen.

Es ist eine auch dem Laien bekannte Thatsache, dafs das Licht auf wachsende Pflanzentheile in der Weise einen Einflufs ausübt, dafs diese Pflanzentheile den Lichtstrahlen entgegen wachsen. Eine andere das Wachsthum der Pflanzen bestimmende Kraft ist die Schwerkraft. Dafs die Bäume, überhaupt die Pflanzen das charakteristische Aussehen besitzen, ist gröfstentheils das Werk dieser Kraft, denn infolge des Reizes, den sie auf die pflanzlichen Organismen ausübt, wachsen diese mit ihrem Stamm, ihren Aesten und Zweigen, vom Erdmittelpunkt fort, während die Wurzeln diesem entgegenstreben. Die Pflanzenphysiologie ist nun aber — im schärfsten Gegensatz zur Thierphysiologie — bereits soweit ausgebildet, dafs dieses nicht die einzigen Reizarten sind, welche auf die Richtung des Wachsthums oder der Ortsveränderung des Pflanzenorganismus bestimmend einwirken. Eine erst in neuerer Zeit studirte und dem Leser vielleicht seltsam erscheinende Reizwirkung wird auch durch das strömende Wasser verursacht. Diesen richtenden Einflufs des fliefsenden Wassers, der nach Bengt Jönsson und E. Stahl als Rheotropismus (ῥέω — fliefsen und τρέπω — wenden) bezeichnet wird, hat neben andern Botanikern auch der zuletzt genannte an Myxomyceten untersucht.

Die Myxomyceten oder Schleimpilze bewohnen in Zersetzung begriffene organische Substanzen, z. B. faulendes Holz oder Laub. Ihre Sporen entlassen bei der Keimung ein kleines kriechendes Protoplasmaklümpchen von dem Aussehen einer Amoebe, welches Myxamöbe genannt wird. Solche Myxamöben wachsen und theilen sich unter steter Nahrungsaufnahme und schliefslich vereinigt sich eine grofse Zahl von ihnen zu einer verzweigten oder netzartig geformten gröfseren

Protoplasmamasse, dem sogenannten Plasmodium, das seinerseits die kriechenden Bewegungen der einzelnen Myxamöben fortsetzt, in seinem Innern strömende Bewegungen zeigt und bei gewissen Arten bedeutende Dimensionen erreichen kann. Früher oder später kommt das Plasmodium an die Oberfläche seines Substrates, zieht seine Fortsätze ein und bildet von einer Membran umhüllte Pilzköpfchen, die Fruchtkörper oder Sporangien, in denen dann die Sporen entstehen. Aus dem Inhalt der Sporen bilden sich wieder die Myxamöben.

Am bekanntesten und wohl auch von dem einen oder dem andern der Leser bemerkt ist Aethalium septicum. Die grofsen, schwefelgelben Plasmodien dieser Art leben auf Gerberlohe und werden als „Lohblüthe“ bezeichnet; sie haben ihrer Häufigkeit und ihrer Handlichkeit wegen schon zu vielen biologischen Untersuchungen gedient und wurden auch von Stahl zu dessen Studium über Rheotropismus verwendet.

Da auch das Licht einen bestimmten Einflufs auf die Plasmodien ausübt, so gelangten die Versuche im Dunkeln zur Ausführung. Zu diesem Zwecke wurde ein Wasserglas in folgender Weise hergerichtet. Es wurde zur Hälfte mit Wasser gefüllt und ein Streifen Filtrirpapier so in das Glas gehängt, dafs das eine Ende bis unter den Wasserspiegel reichte, während das andere zum Glase heraushing und tiefer zu liegen kam als das im Wasser befindliche Ende. Man kann leicht feststellen, dafs sich in dem Papier ein Wasserstrom von dem Wasserspiegel nach aufsen gerichtet bewegt. Wird nun das untere Ende des einen Streifens auf Lohe ausgebreitet, in welcher sich ein Plasmodium befindet, so sieht man das letztere bald dem Wasserstrom entgegen wandern, um zuerst den Rand des Glases und dann den Wasserspiegel zu erreichen. Wird aber während der Wanderung das ursprüngliche tiefere Ende des Streifens in Wasser getaucht und ihm eine höhere Lage gegeben als dem andern, so ändert sich in dem Papierstreifen die Richtung des Stromes und mit ihr auf dem Papier die Richtung des wandernden Plasmodiums. Mit Zwirnfäden und Leinwandstreifen, welche von Wasser durchflossen werden, lassen sich dieselben Resultate erzielen. Immer bewegt sich das Plasmodium gegen die Strömung, hat also einen negativen Rheotropismus. Wollte man sich zu wissenschaftlichen Untersuchungen über Protoplasma gröfsere Mengen von Plasmodien verschaffen, so könnte man keine bessere Methode in Anwendung bringen, als dafs man sie in der angegebenen Weise aus der Lohe hervorlockte. Gleichzeitig hat Stahl an den Plasmodien noch eine andere Reizwirkung des Wassers untersucht. Es ist dieses

der Hydrotropismus (ὕδωρ — Wasser und τρέπω — wenden), der sich darin kund giebt, dafs die Bewegungsrichtung der Plasmodien durch die Vertheilung der Feuchtigkeit im Substrat beinflufst wird. Bringt man nämlich Plasmodien auf eine Glasplatte, die mit Filtrirpapier bedeckt ist, und stellt das Ganze im Dunkeln unter eine mit Wasserdampf gefüllte Glocke, so breiten sich die Plasmodien auf dem durchfeuchteten Papier gleichmäfsig aus. Werden dann aber solche Präparate in einen trockenen Raum gestellt und trocknet nun die Unterlage der Plasmodien allmählich ab, so ziehen sich die letzten nach den Stellen hin, welche am längsten feucht bleiben. Befestigt man ferner bei einem ausgebreiteten Präparat, dessen Filtrirpapierunterlage zu trocknen beginnt, über einem Ausläufer des Plasmodiums in geringem Abstande einen Glasstreifen mit einer recht feuchten Stelle, so verlässt das Protoplasma des Plasmodiumausläufers seine Unterlage und erhebt sich gegen das Glas. Geht das Austrocknen der Papierstücke nur langsam vor sich und wird die Stelle am Glasstreifen feucht erhalten, so wandert nach und nach das ganze Plasmodium auf den letzteren über.

Dieser als Reiz wirkende Einflufs der Feuchtigkeit auf die Plasmodien ist den Lohgerbern wohl bekannt. Wenn nämlich die „Lohblüthe" sich reichlich an der Oberfläche der Lohe findet, so schliefsen sie auf bevorstehenden Regen. Die Luft ist in diesem Falle mit Feuchtigkeit erfüllt und lockt die Plasmodien aus der trocknen Lohe heraus.

Sobald nun aber die Plasmodien zur Sporangien-(Fruchtkörper-) Bildung sich anschicken, verwandelt sich ihr positiver Hydrotropismus in einen negativen. In solchen Fällen bewegen sich die Protoplasmastränge von den feuchten Stellen zu den trocknen. Steckt man z. B. in ein feuchtes Substrat eine Stecknadel, so kriechen die Ausläufer auf diese hinauf. Dieser Umschlag steht nicht vereinzelt da, denn auch in andern Fällen reagiren die Organismen auf Reize zu gewissen Zeiten im entgegengesetzten Sinne als zu andern. So ändern sich die heliotropischen Eigenschaften von Schwärmsporen gewisser Algen oder von Zweigen und Blüthentheilen höherer Pflanzen, was ebenso wie der Wechsel der Reizbarkeit bei den Plasmodien auf Aenderungen im Innern des Organismus beruht.





Harknefs, The solar parallax and its related constants. Washington Observations for 1885. Appendix III. Washington 1891.

In der vorliegenden, höchst mühevollen und mit grofser Sorgfalt durchgeführten Arbeit ist eine sehr wichtige, durch blofse rechnerische Verwerthung schon früher ausgeführter Messungsreihen ermöglichte Neubestimmung des wahrscheinlichsten Werthes der Sonnenparallaxe und der mit ihr in Beziehung stehenden Gröfsen gegeben. Welche Wichtigkeit eine möglichst genaue Auswerthung der Sonnenentfernung für alle Zweige des astronomischen Wissens besitzt und wie grofse Anstrengungen darum seit vielen Jahren immer wieder diesem einen Problem gewidmet werden, darf hier als bekannt vorausgesetzt werden. Alle diese bisherigen Bestimmungen der Sonnenparallaxe leiden aber an dem gemeinsamen Fehler, dafs sie die gesuchte Gröfse als eine völlig unabhängige Constante ansehen, was sie in Wirklichkeit nicht ist. Das Resultat der bisherigen Forschung ist daher eine Anhäufung sehr vieler, aber wegen der den verschiedenen Methoden anhaftenden constanten Fehlerquellen auch sehr von einander abweichender Zahlenangaben, deren keine den Anspruch erheben darf, für die zuverlässigste zu gelten. Die Sonnenparallaxe steht nun durch längst bekannte Beziehungen in Verbindung mit der Mondparallaxe, der Präcessions- und der Nutations-Constante, der sog. parallaktischen Ungleichheit des Mondes, der lunaren Ungleichheit der Erde, den Massen von Erde und Mond, dem Verhältnifs der Mondfluth zur Sonnenfluth, der Aberrationsconstante, der Geschwindigkeit des Lichtes und der sog. Lichtgleichung. Infolgedessen ist es nach den elementarsten Principien der Mathematik nothwendig, alle diese durch Beobachtungen einzeln messbaren Gröfsen gleichzeitig durch ein auf die sog. Methode der kleinsten Quadrate gestütztes Ausgleichungsverfahren zu bestimmen. Prof. Harknefs hat diese umfangreiche Rechnung durchgeführt und giebt im vorliegenden Werke aufser den Resultaten auch genaue Rechenschaft über die zu Grunde gelegten Zahlenwerthe und über die bei deren Verarbeitung befolgten Methoden. Aufser den oben genannten, mit der Sonnenparallaxe in direkter Beziehung stehenden Gröfsen mufsten auch möglichst zuverläfsige Werthe für die Massen aller Planeten bestimmt werden, weil diese nothwendig sind für die Berechnung der lunisolaren Präcession aus der allgemeinen Präcession. Ebenso mufsten aber auch die Dichtigkeit, die Abplattung und die Trägheitsmomente der Erde so genau als möglich aus den bisher gemachten Beobachtungen abgeleitet werden, weil die Gröfse der Präcession auch von diesen Daten abhängig ist. Da die so erlangten Endresultate von allgemeiner Bedeutung sind und zum Theil nicht unerheblich von den bisher angenommenen Werthen abweichen, so geben wir hier einen Auszug derselben wieder:

Aequatorhalbmesser der Erde	6 377 972 ± 125 Meter
Polarhalbmesser " "	6 356 727 ± 99 "
Quadrant " "	10 001 816 ± 125 "
Abplattung " "	$\frac{1}{300 \pm 3}$
Mittlere Dichtigkeit " "	5,576 ± 0,016
Oberflächendichtigkeit der Erde . . .	2,56 ± 0,16

Länge des Sekundenpendels . . . . $l = 0{,}990\,910 + 0{,}005\,290 \sin^2\varphi$ Meter
Beschleunigung durch die Schwere . $g = 9{,}779\,886 + 0{,}052\,210 \sin^2\varphi$ "
Länge des siderischen Jahres . . . 365,256 357 8 mittl. Sonnentage
Masse (in Einheiten der Sonnenmasse) von

Merkur	$\frac{1}{8\,374\,000 \pm 1\,765\,000}$
Venus	$\frac{1}{408\,968 \pm 1\,874}$
Erde (plus Mond)	$\frac{1}{327\,214 + 624}$
Mars	$\frac{1}{3\,093\,500 \pm 3\,295}$
Jupiter	$\frac{1}{1\,047{,}5 \pm 0{,}2}$
Saturn	$\frac{1}{3\,501{,}6 \pm 0{,}8}$
Uranus	$\frac{1}{22\,600 \pm 36}$
Neptun	$\frac{1}{18\,780 \pm 300}$

Masse des Mondes . . . . $= \frac{1}{81{,}1 \pm 0{,}2}$ der Erdmasse
Sonnenparallaxe . . . . $p = 8'',809 \pm 0'',006$
Mittlere Entfernung der Erde von der Sonne . = 149 340 870 ± 96 101 km
Mittlere Entfernung des Mondes von der Erde
= 60,269 ± 0",002 Erdradien,
= 384 396 ± 16 km
Aberrationsconstante . . . . $\alpha = 20'',454 \pm 0'',013$
Geschwindigkeit des Lichts . . . . = 298 878 ± 80 km.

Im Schlufskapitel untersucht Harknefs noch die Quellen der wahrscheinlichen Fehler der verschiedenen im Vorhergehenden bestimmten Gröfsen und gelangt auf Grund dieser Discussion zur Ueberzeugung, dafs eine Verbesserung des ganzen Systems von Constanten vornehmlich durch Inangriffnahme folgender Arbeiten erzielt werden könnte:

1. Die Mondparallaxe ist mit Hilfe der täglichen Methode an einer oder mehreren, dem Aequator möglichst naheliegenden Stationen, neu zu bestimmen.
2. Die Sternwarten beider Halbkugeln sollten nach einem gemeinsamen System Meridianbeobachtungen des Mondes anstellen, zur Verbesserung der Kenntnifs seiner Parallaxe.
3. Pendelbeobachtungen müssen an einer grofsen Zahl von theils dem Aequator, theils den Polen möglichst nahe liegenden Punkten ausgeführt werden.
4. Neubestimmungen der Aberrations- und Nutations-Constanten müssen

nach möglichst vielen, verschiedenen Methoden in Angriff genommen werden.

5. Die in Greenwich und Washington schon aufgehäuften Meridianbeobachtungen der Sonne sollten derart verarbeitet werden, dafs aus ihnen der wahrscheinlichste Coëfficient der lunaren Ungleichheit der Erdbewegung abgeleitet werden kann.
6. Neubestimmungen der Sonnenparallaxe sind auszuführen mittels der Beobachtung des Mars (im Jahre 1892) und solcher Asteroiden, welche für diesen Zweck geeignet sind.
7. Die Ausmessung eines der grofsen Meridianbögen, welche in den Plan der „U. S. Coast and Geodetic Survey" aufgenommen sind, sollte so bald als möglich vollendet werden. F. Kbr.

Unsere Lichtdrucktafel.

Es ist uns eine besondere Freude, unsern Lesern auf der diesem Hefte als Titelbild beigegebenen Lichtdrucktafel Copien zweier vorzüglicher photographischer Sternaufnahmen vom Potsdamer astrophysikalischen Observatorium liefern zu können. Ein näheres, erläuterndes Eingehen auf diese interessanten Photogramme müssen wir indessen wegen Raummangel auf das nächste Heft verschieben.

Die Red.



Verlag von Hermann Paetel in Berlin. — Druck von Wilhelm Gronau's Buchdruckerei in Berlin.
Für die Redaction verantwortlich: Dr. M. Wilhelm Meyer in Berlin.



Sonnblick, Meteorologische Station.

Nach einer Photographie von Würthle & Spinnhirn in Salzburg.



Der hohe Sonnblick.

Von Dr. **Heinrich Samter** in Berlin.

I.

Wer immer zu schöner Sommerszeit, den herrlichen Pasterzengletscher verlassend, sich auf vielbesuchter Strafse den Dolomiten zuwandte, der wird, den Blick noch einmal rückwärts kehrend, auf eisgemanteltem Berg die Sonnblickwarte erschaut haben. Viele haben sie gesehen, wenige wohl die hohe Bedeutung erfafst, die sie in der kurzen Zeit ihres Daseins für die Wissenschaft erlangt hat. In der That könnte es in unserer an wissenschaftlichen Erinnerungen reichen Zeit vermessen erscheinen, eines Werkes zu gedenken, das vor kaum einem Lustrum entstand, wenn nicht diese kurze Spanne Zeit in der That genügt hätte, seine Bedeutung zweifellos zu machen. Der folgende Rückblick auf die Geschichte und die Leistungen der Sonnblickwarte wird dadurch hoffentlich gerechtfertigt erscheinen.

Drei Thäler schickt der untere Pinzgau nach Süden, jedes in seiner Art berühmt. Zwischen dem grofsartigen, von so vielen Besuchern der Tauern alljährlich durchwanderten Thalweg durch die Fusch, der in der vergletscherten Pfandelscharte den höchsten Punkt erreicht, und dem seiner heilkräftigen, heifsen Quellen halber noch mehr besuchten Gasteiner Thal, mündet die seit Römerzeiten wegen ihres Reichthums an edlen Metallen bekannte Rauris. Der Weg, schon durch die klammartige Enge interessant, mit der er beginnt, wo in tosendem Schlunde die Rauriser Ache sich ihren Ausweg erzwingt, steigt über dem alterthümlichen Flecken an, der dem Thale den Namen gab, bis es sich in zwei Aeste gabelt, deren östlichen — den Hüttwinkel — wir weiter verfolgen bis zu dem in Schneekoppenhöhe gelegenen Kolm Saigurn, dafs das Anwesen des vor wenigen Monaten verstorbenen Herrn Rojacher bildete, „einer der merkwürdigsten

und originellsten Persönlichkeiten der österreichischen Alpenländer", wie ihn Herr Prof. von Obermayer in seinem neulich erschienenen Nachruf nennt. Ignaz Rojacher, oder — wie ihn seine Landsleute nannten — Kolm Naz, war ein selfmademan in der besten Bedeutung des Wortes, der sich vom Ziegenhirten und späteren Bergknappen bis zum Besitzer der Rauriser Goldbergwerke emporgeschwungen hat. Was ihn seine Laufbahn machen liefs, das war eine Art genialen Instinktes, verbunden mit einer unvergleichlichen Energie, die nicht einmal immer von Kraft und Beweglichkeit des Körpers unterstützt ward, denn sieben Jahre lang war er auf Krücken angewiesen. Dieser Mann, den Leuten seines Thales weit voraus in der Erkennung derjenigen Hilfsmittel, welche die Fortschritte der modernen Technik auch den Alpenbewohnern bieten, hat die Wasserkraft der Ache benutzt, um sein abseits von Gebäuden der grossen Welt gelegenes Wohnhaus elektrisch zu beleuchten und um die Erze auf langer, steil ansteigender Seilbahn zu befördern. Seine Thatkraft kannte kein Hindernifs: zufällig erfährt er, dafs in Schweden ein neues Verfahren der Goldbereitung aus Erzen entdeckt sei, und plötzlich reist er mitten im Winter — der schwedischen Sprache völlig unkundig — dahin, gewinnt das Verständnifs der fraglichen chemischen Vorgänge und erwirbt für Oesterreich das Patent für das neue Verfahren, das dem sonst wenig lukrativen Bergbau in der Rauris — den der Staat aufgegeben hatte — einen neuen Aufschwung gab.

In diesem Manne reifte zuerst der Entschlufs, den österreichischen Alpen eine meteorologische Höhenstation ersten Ranges zu sichern. Nachdem ein Versuch, eine Station dritter Ordnung im Knappenhause am hohen Goldberg zu errichten — noch im Hüttwinkel, wenn auch bereits 700 Meter höher als Kolm Saigurn — gescheitert war, weil die Instrumente sich nicht passend unterbringen liefsen, gab er die Anregung, auf dem Gipfel des 3000 Meter hohen Sonnblicks, der samt einigen anderen Bergen den Hüttwinkel abschliefst, eine Warte zu erbauen und sie den Zwecken der Wetterkunde dienstbar zu machen. Die Wahl des hohen Sonnblicks war keineswegs ein Zufall, sondern das Produkt eines eingehenden Studiums der Verhältnisse seiner heimischen Berge, wie es nur ein Rojacher bewältigen konnte. Besonders auf Veranlassung des deutschen und österreichischen Alpenvereins sind in so hohen Regionen in den letzten Jahrzehnten manche Häuser aufgeführt, Touristen ein willkommenes Obdach zu bieten, und darunter sind einige, deren Meereshöhe die der Sonnblickspitze übertrifft; aber diese alle liegen gegen die ver-

schiedenen Unbilden des Wetters geschützt an Abhängen noch höherer Berge, und keines von ihnen ist überhaupt dazu eingerichtet, das ganze Jahr hindurch bewohnbar zu sein. Es war insofern ein kühner Vorschlag, die Spitze des hohen Sonnblick mit einem fortdauernd bewohnbaren Hause bebauen zu wollen. Aber einige Winterfahrten die Rojacher auf die Gipfel aller seiner Berge unternahm, führten zu dem Resultate, dafs der hohe Sonnblick — verglichen mit seinen firngekrönten Nachbarn — einzig günstige Verhältnisse darbot. Mit



Ignaz Rojacher.

felsiger Spitze ragt er über die eisgepanzerten Flanken hinaus, und der kahle Fels, dessen Steilabfälle eine Vergletscherung auch im Winter nicht zulassen, bietet eine Platte, die sich wohl ebnen und so weit verbreitern liefs, um dem Hause gerade Halt zu schaffen.[1])

[1]) Ich mufs es bei dieser Gelegenheit als ein unbegreifliches Wagnifs bezeichnen, dafs man die Spitze des Montblanc ausersehen konnte, darauf ein Haus für jahrelangen Gebrauch zu erbauen. Wer die Natur der Gletscher kennt, der weifs, dafs ihr fortwährend sich umkrystallisirendes, dauernd gleitendes, niemals in starrer Gleichgültigkeit verharrendes Eis allen, auch den

Freilich übersah Rojacher nicht die Schwierigkeiten, die der Bau des Hauses bieten würde, nicht die fast übermenschliche Arbeit, die das Heraufschaffen der Materialien und die Sicherung der Warte darbieten würde; aber er war der Mann, sie zu überwinden. Dies zog wohl auch der Direktor der österreichischen Centralanstalt für Meteorologie, Herr Prof. Hann in Betracht, der dem Vorschlag Rojachers sein ganzes Interesse entgegenbrachte und ihn mit Energie durchzuführen begann. Die Kosten des Baues wurden vom Alpenverein und der österreichischen Gesellschaft für Meteorologie, sowie durch freiwillige Spenden aufgebracht, und im Frühjahr 1886 wurde mit dem Bebauen des Gipfels begonnen. Bei der ungünstigen Witterung des Frühjahrs und des Sommers in diesem Jahre war das schwierig, und „nur der aufserordentlichen Energie und Tüchtigkeit Rojachers" — so schreibt Herr Hann — „war es zu danken, dafs der Bau in diesem Sommer überhaupt fertig gestellt werden konnte. Man kann sich die Lage der Arbeiter auf dem Gipfel des Sonnblicks, die schutzlos den gräulichen Witterungsverhältnissen eines nassen, kalten Sommers ausgesetzt waren, dessen mittlere Temperatur in dieser Höhe unter dem Gefrierpunkt bleibt, kaum der Wirklichkeit entsprechend vorstellen. Es ist staunenswerth, was dieselben unter solchen Verhältnissen, in Schnee und Sturm ohne eigentliches Obdach lagernd, noch dazu der Blitzgefahr ausgesetzt, geleistet haben. Was war das für ein Transport aller zum Bau nöthigen Materialien über den tief mit Neuschnee bedeckten und von verrätherischen Klüften durchzogenen, drei bis vier Stunden langen und 800 Meter ansteigenden Gletscher. Der Schneeglanz blendete die Arbeiter und schlug sie mit längerer Schneeblindheit; die Gesichter schwollen an bis zur Unkenntlichkeit, und einmal wurden alle eben beschäftigten Arbeiter vom Blitze getroffen, betäubt hingestreckt". Am 2. September wurde das Gebäude seiner Bestimmung übergeben. Dasselbe enthält im unteren Geschofs eine Küche, das Zimmer des Beobachters und endlich das sehr behaglich eingerichtete Gelehrtenzimmer. In der Stube des Beobachters befinden sich aufser den nöthigsten Möbeln einige selbstregistrirende meteorologische Instrumente und eine Tischler- und Schlosserwerkstatt; denn häufig genug wird er in der Lage sein, sich selbst helfen zu müssen, und womit sollte er sich sonst die langen, einsamen Wintertage verkürzen? Das Gelehrtenzimmer war früher mehr als Touristenzimmer zu bezeichnen, und es ist das Verdienst des Herrn Rojacher,

---

festesten Bauwerken von Menschenhand, die man ihrem Rücken anvertraut, ein nahes Ende in Aussicht stellt.

dafs er es bei dem vor drei Jahren erfolgten Neubau seiner ursprünglichen Bestimmung zurückgegeben hat. Wie sollte der Mann der Wissenschaft auch in einem engen, von Touristen erfüllten Raum Ruhe für seine Messungen und Berechnungen finden! Beide Räume zugleich lassen sich durch einen grofsen Ofen mit wohlthuender Wärme erfüllen. In dem oberen Geschosse der Station befindet sich der Schlafraum für Reisende und Führer in zwei gesonderten Kammern. An der Westseite des Gebäudes ragt der steinerne Thurm für das Anemometer empor, welcher auch noch einer Reihe anderer meteorologischer Instrumente als Aufstellungsort dient. Alle Theile des Gebäudes bis auf den steinernen Thurm sind auf Rojachers Anrathen aus Holz gebaut worden, und hier wie überall hat sich dessen Umsicht glänzend bewährt. Denn obgleich die Wände nur aus 10 cm dicken Pfosten bestehen, die aufsen mit Schindeln bekleidet, in den Fugen mit Moos gedichtet und durch eine innerhalb angebrachte Vertäfelung bedeckt sind, so lassen sich die Räume doch im Winter sehr gut heizen und sind sehr trocken und behaglich.[2]) Dagegen hat der Beobachter allen Grund, mit dem Steinthurme unzufrieden zu sein; denn einmal ist derselbe so eng, dafs man sich kaum darin umdrehen kann, andererseits äufserst feucht, und im Winter sind die Wände mit einer so dicken Schicht von Eis überzogen, dass der Aufenthalt in dem Thurm, da er nicht heizbar ist, fast zur Unmöglichkeit wird. Das gleiche Schicksal theilen natürlich auch die im Thurme befindlichen Apparate, ein Umstand, der zweifelsohne den Werth ihrer Angaben herabsetzen mufs. In den Holzräumen bilden sich eisige Niederschläge nur an den Köpfen der eisernen Nägel und Schrauben und bilden nasse Streifen auf der Vertäfelung. Sie könnten durch bessere Verwahrung wohl geschützt werden.[3])

Dem steinernen Thurm thut eine Veränderung dringend noth, wenn der wissenschaftliche Werth der Station nicht herabgedrückt werden soll; am besten wäre wohl seine völlige Beseitigung und seine Ersetzung durch einen hölzernen Neubau, der, wie ihn Rojacher noch projektirt hat, auch das Gelehrtenzimmer in sich aufnehmen soll. Wird nach dem leider so früh erfolgten Hinscheiden Rojachers Interesse genug vorhanden sein, um diesen Neubau zu sichern? In

[2]) Worte des Herrn von Obermayer in dem Nachruf für Rojacher (Met. Zeitschr. Juli 1891).

[3]) Das Holz unterliegt in diesen Höhen kaum der Gefahr, durch Fäulnifs zu Grunde zu gehen, wie überhaupt allen Witterungseinflüssen weit weniger als in der Ebene, und somit war Rojachers Plan der zweckmäfsigste für Bauten in Sonnblickshöhe.

den Jahren 1887 und 88 wurden auf Kosten des Alpenvereins westlich vom Thurme Zubauten ausgeführt: eine Küche, die wegen der Feuersgefahr Steinmauern erhielt, und ein Holzbau, der das Speisezimmer und einen neuen Schlafraum enthält. Letzterer bekam nach dem verdienten Münchener Geologen den Namen „Zittelhaus". Das ganze Gebäude ist naturgemäfs ungemein starken Stürmen ausgesetzt, und diesem Umstande ist beim Bau gebührend Rechnung getragen worden, denn es ist mit starken, schräg vom Dache abfallenden, eisernen Stangen ringsum in den Felsen verankert. Vor Blitzschaden ward es durch Blitzableiter geschützt, von deren Aufnahmestangen ein Drahtseil in den tief unten gelegenen kleinen Blitzsee geführt ist. Nur $1\frac{1}{2}$ Meter breit ist der Weg, der sich rings um das Gebäude auf der Felsplatte bahnen liefs. Dieses Haus beherbergt nun seit fünf Jahren immer wenigstens eine Menschenseele, von der übrigen Welt gar oft durch völlig ungangbare Wege getrennt. Da war es schon eine Pflicht der Menschlichkeit, dafs man dem Beobachter wenigstens ein Mittel gab, das ihm den Verkehr mit Menschen in allen Lagen ermöglichte. Man brachte im Gelehrtenzimmer ein Telephon an, dessen Leitung über Kolm Saigurn nach Rauris führt und dort Anschlufs an die staatlichen Telegraphenleitungen hat. Diesen Weg nehmen die täglichen Witterungsdepeschen, die der Beobachter an die Centralstation nach Wien sendet, wo die Morgens auf dem Sonnblick beobachteten Daten bereits Mittags gedruckt ausgegeben und in den Prognosen mit verarbeitet werden. Nachmittags 4 Uhr langen diese auf dem Sonnblick wieder an. Das Anlegen einer Leitung war nun in diesen Regionen keineswegs eine leichte Sache. Erst wurde sie auf Stangen über den Gletscher fortgeführt; aber so umsichtig Herr Rojacher auch die Einzelheiten geordnet hatte, so erwies sich die erste Einrichtung nicht als praktisch. Das sich massenhaft bildende Glatteis und auch wohl Rauhreif vergröfserten den Durchmesser des etwa fingerstarken Drahtseils wohl um das Zwanzigfache und beschwerten dasselbe derart, dafs nur allzu häufig ein Zerreifsen eintrat. Zwar erfand Rojacher eine äufserst sinnreiche Methode, um jederzeit die Bruchstelle sofort auffinden zu können; aber oft ward die Wiederherstellung des Leitungsdrahts durch ungünstiges Wetter lange hingezogen, und so mufste man sich endlich entschliefsen, dem elektrischen Funken eine andere Bahn anzuweisen. Rojacher führte die Leitung unter einer Lage von Steinen, tief unter dem Schnee, nach Art eines unterirdischen Kabels fort und beschränkte die Luftlinie bis auf ein Minimum, während über dem Firn ein Reserve-

draht herabgeht, der im Falle von Störungen der Hauptleitung in Dienst gestellt wird. Entnehmen wir auch hieraus, wie die Schwierigkeiten jedes menschlichen Unternehmens sich in den Firnregionen durch die Fülle störender Faktoren vervielfältigen.

Von den Instrumenten, die oben dauernd ihren Platz gefunden haben, erwähne ich zuerst den Windmesser, den man auf der Spitze des Thurmes erblickt; eine mit Kupferblech gedeckte, abgestutzte Pyramide enthält den zugehörigen Registrirapparat. Ungehindert gleitet von der Höhe des Thurms der Blick schwindlig jäh in die Tiefe über die gewaltigen Wände des Nordabsturzes. In dem ersten Stockwerk des Thurms finden wir einen Sonnenschein-Selbstschreiber und das die Stärke der Einstrahlung messende Thermometer mit geschwärzter Kugel im luftleeren Raume; ferner das Psychrometer und das Haarhygrometer, beide zum Bestimmen der Feuchtigkeit, mehrere Apparate, um die täglichen Extreme der Temperatur zu bestimmen, ein Barometer und einen Registrirapparat für die Schwere der Luft und einen solchen für die Temperatur. Die Einrichtung ist demnach diejenige einer Station erster Ordnung, und dreimal täglich werden die Ablesungen an den nicht registrirenden Apparaten gemacht. Nehmen wir zu den regelmäfsigen Messungen noch diejenigen, die der Beobachter seit über Jahresfrist an einem Exnerschen Elektroskope anstellt, so haben wir seine Dienstthätigkeit im Umrifs skizzirt. Aber freilich hat er daneben noch so manches andere Feld der Thätigkeit, wie die Unterstützung mehr vorübergehender Arbeiten, die Gelehrte oben ausführen, die Instandhaltung des Hauses und der Apparate und die Bewirthung der Gäste. Unermüdliche Arbeit wird von ihm verlangt, und eine eiserne Natur, Geschick, Geduld und eine fast übermenschliche Resignation gehören zu seinem Beruf, dem er oft lange Zeit, von Menschen völlig abgeschlossen, auf einsamer Höhe obliegt. Da wäre es schwer gewesen, die passende Wahl zu treffen, hätte nicht Rojacher seine Leute gekannt: der jetzige Beobachter, Herr Peter Lechner, der seit nun mehr als drei Jahren zur Sommers- und Winterszeit mit geringen Unterbrechungen da oben verweilt, besitzt alle diese Eigenschaften in nicht geringem Grade, dazu ein besonders entgegenkommendes Benehmen allen Reisenden gegenüber, sowohl zu denjenigen, die wissenschaftliche Forschung auf den Sonnblick führt, als auch im Verkehr mit Touristen; ein Besuch bei ihm wird dies jedem bestätigen, und einen solchen kann ich allen Freunden ruhigen Naturgenusses wohl empfehlen. Kaum irgendwo läfst sich mit dieser Leichtigkeit ein Hochgipfel der Alpen erreichen, kaum

irgendwo ein Gebirgspanorama demjenigen vom Sonnblick vergleichbar auffinden, nirgends sicher mit der Ruhe und Bequemlichkeit, wie von hier aus betrachten; denn wo findet sich sonst auf so hohen Bergesspitzen ein Haus, das gleich der Sonnblickwarte den ermüdeten Wanderer aufnähme, ihm Erquickung und Ruhe bietend? Auch der Botaniker wird bei der Wanderung durch die Rauris zur Sonnblickspitze seine Rechnung finden, denn er sammelt hier aufser den gewöhnlichen Alpenpflanzen noch die folgenden, die ein mehr zerstreutes Vorkommen zeigen: den blauen Speik (Primula glutinosa), die Rosenwurz (Rhodiola rosea), die Akelei-Amstel (Thalictrum aquilegifolium), den Frühlingssafran (Crocus vernus), die wenigblüthige Rapunzel (Phyteuma pauciflorum), das Tauernrösel (Statice alpina), das niederliegende Ruhrkraut (Gnaphalium supinum), das Alpen-Weidenröschen (Epilobium alpinum) und schliefslich oben in den Fugen der Gipfelplatten niedliche Pflänzchen des Gletscherhahnenfufses (Ranunculus glacialis), die letzten Boten irdischen Pflanzenwuchses auf Höhen, die von Thieren nur noch dem Schneehuhn und der Gemse dürftige Existenz gestatten.

II.

„Es mag Manche geben," so schreibt Herr Hann,[4]) „welche in dem Eifer, mit welchem im letzten Dezennium Gipfelstationen errichtet worden sind, kaum etwas Anderes sehen als eine neue Art Sport, die Sucht nach dem Ungewöhnlichen, Aufsehen Erregenden, welche man ja im allgemeinen unserer Zeit nicht absprechen kann." Suchen wir diese Vorwürfe zu entkräftigen! Es ist offenbar Sache der Meteorologie, die Zustände der gesamten Atmosphäre zu untersuchen; alle Theile derselben werden bestimmte Eigenarten aufweisen, alle durch ihr Zusammengehen erst diejenigen Wirkungen zeitigen, welche auch dem wissenschaftlich Unkundigen als die Erscheinungen des Wetters in die Augen fallen. Erst die Kenntnifs aller Eigenthümlichkeiten der einzelnen Regionen der Lufthülle kann uns auch jene Regeln von hervorragend praktischer Bedeutung liefern, welche der Vorhersagung des Wetters dienen. Aber der Raum, innerhalb dessen regelmäfsige Beobachtungen der Wetterelemente möglich sind, ist in mancher Hinsicht beschränkt; die Ufer der Meere und die Grenzen unbewohnbarer Länder schneiden jene Bezirke heraus, in denen meteorologische Stationen bestehen können. Und dann, gleicht nicht der Mensch jenen Lebewesen der Tiefsee, die, zeitlebens an die dunklen

[4]) Jahrb. d. D. u. Oe. Alpenvereins 1889. S. 72.

Fluthen am Meeresboden gebunden, nie zu reineren Höhen emporsteigen dürfen, ohne sich dem sicheren Tode zu überliefern? Sind nicht auch wir an den Grund des luftigen Oceans durch alle Bedingungen unseres Daseins gefesselt? Und doch wie nöthig ist es, dafs wir von den Zuständen der höchsten Luftregionen uns direkte Kunde verschaffen! Die tiefsten Schichten der Atmosphäre, welche der Erde ankleben, wie der Lufthauch des Mundes der Glasplatte, allen ihren Unebenheiten sich anschmiegend, allen Einflüssen derselben, ihrer Vegetation und ihrer Bewohner direkt ausgesetzt, können allein nur ein unvollkommenes und unklares Bild dessen liefern, was die Bewegungen der Atmosphäre regiert. Dazu gehört noch die Kenntnifs der Zustände in den unabhängigeren Höhen des Luftmeeres, wo alle Verhältnisse gewaltiger und doch einfacher sich darstellen müssen. Der Luftballon, der mit Recht in den Dienst dieser Forschung gestellt wird, ist leider nur immer vorübergehend, meist auch nur in geringeren Höhen brauchbar, und so ist die Errichtung immer höherer Bergstationen schliefslich unumgänglich nöthig geworden, um die Gesetze des Wetters und Klimas zu erforschen. Viele Länder, denen Berge eignen, haben sich daher in der Errichtung von Gipfelstationen übertroffen. Unter den vielen der Beobachtung dienenden Bergen Europas seien der Ben Nevis in England, der Säntis in den Appenzeller Bergen, der Pic du Midi de Bigorre in den Pyrenäen Frankreichs genannt; sie alle überragt der Sonnblick, nicht allein durch seine Höhe, sondern auch durch die Vorzüglichkeit seiner Lage. Frei auf Bergesspitze, nicht an den Abhang angelehnt, liegt seine Warte; frei und nicht gehemmt durch naheliegende höhere Berge, wogen um ihn des Luftoceans Fluthen, treffen ihn der Sonne Blicke. Auch er ward freilich übertroffen von der höchsten Wetterwarte der Welt, der in 4322 Meter Meereshöhe gelegenen auf dem Pikes Peak; aber diese ist seit vier Jahren bereits aufser Thätigkeit gesetzt, und ihre Lage über der Hochebene Colorados, die italienisches Klima besitzt, war eine so eigenthümliche, dafs die dort erlangten Resultate wenig auf unsere europäischen Verhältnisse anwendbar sind. Ob es je angemessen erscheinen wird, dem Sonnblick in Europa einen ihn an Höhe überragenden Konkurrenten zu geben, weifs ich nicht; falls es sich nicht darum handeln sollte, die Zustände in einem anderen Theile des weiten Alpengebiets zu erforschen, möchte ich es auch für überflüssig halten. Denn dort oben finden wir uns ja bereits von einem Drittel des gesamten Drucks befreit, mit dem die Luft hier unten auf uns lastet, und was will da das weitere Fünftel sagen, das uns in Mont-

blanchöhe von den Schultern genommen würde. Auch sind hier bereits die Verhältnisse so einfache und grofsartige im Vergleich mit denjenigen, die im Thale herrschen, dafs ein Schlufs auf gröfsere Höhen gestattet erscheint, und es sollte schon darum Sorge aller Betheiligten sein, die zur Verfügung stehenden Mittel und Kräfte der Sonnblickwarte zu widmen, damit sie erhalten bleibe als das, was sie ist. Doch sehen wir uns jetzt die für die Meteorologie so wichtigen Ergebnisse an, welche die jetzt fünf Jahre fortgesetzten Beobachtungen geliefert haben.[5])

Die Temperatur zeigte in ihrem Gang zunächst, dafs sie nicht die grofsen Schwankungen erleidet, wie wir sie in der Ebene zu erfahren gewöhnt sind. Sie erhebt sich im Juli im Durchschnitt auf + 1 ° C., um in den kältesten Wintermonaten auf ein Mittel von — 18° C. herabzusinken, und die höchste und niedrigste Temperatur, die überhaupt oben beobachtet sind, liegen bei + 10° und — 34° C. Um wie viel mehr unterscheidet sich doch unsere Julihitze von der Kälte des Januar! Es ist dies derselbe Unterschied, den ein oceanisches und ein kontinentales Klima darbieten; die Wolkenhöhe erscheint den Wärme leicht aufnehmenden und schnell vergebenden Landmassen der Erde entrückt, wie das Tropeneiland des Ozeans, wenn auch nicht in demselben Mafse. Was will die gewifs nicht zu unterschätzende Kälte von — 34° besagen, vergleicht man sie mit denen des Lenagebietes, wo das Quecksilber während des Januars sich stets hämmern läfst. Diese Kälte Sibiriens und der Polargegenden, welche von — 40° bis — 65° C. herabgeht, tritt aber fast immer bei Windstille auf, während sie auf Sonnblickshöhe nur bei eisigem Nordwind auftritt. Dort wird die Kälte herbeigeführt durch die in heiteren Nächten leichtsinnig an den noch kälteren Himmelsraum ausgezahlte Wärme, hier durch den schon im Sommer auf jenen Gipfeln recht empfindlichen Tauernwind. Unten im Thale sinkt hier gar oft bei Windstille die Temperatur noch tiefer als auf den Höhen; die kalte, herabsinkende Luft sammelt sich auf weiteren Flächen an und wird hier durch das Ausstrahlen des Erdbodens noch stärker abgekühlt, während milde Temperatur auf den Gipfeln herrscht. Charakteristisch ist für Bergeshöhen „die Gleichmäfsigkeit der Kälte und vor allem die niedrige Sonnenwärme“. Es giebt Jahre, in denen die mittlere Temperatur des Sonnblick in keinem Monate den Gefrierpunkt übersteigt, und gewöhnlich steigt das Thermometer 250 Tage hintereinander nicht über

[5]) Im Folgenden schliefst sich der Gang der Darstellung derjenigen von Hann im Jahrb. des D. u. Oe. Alpenvereins 1889 an.

den Nullpunkt. Die mittlere Jahrestemperatur ist mit — 6,6° C. kaum höher als die des doch 1200 Meter höheren Pikes Peak, und nur die nördlichsten, spärlich bewohnten Gegenden Asiens und Amerikas können sich darin mit dem Sonnblick messen; die Januarkälte theilen dagegen mit ihm grofse Landmassen der nördlichen Halbkugel, wie das mittlere Rufsland und das nördliche China. Eine mittlere Julitemperatur von + 1° hat kein bekanntes Land der nördlichen Halbkugel, eine solche von + 2° ward nur von Polarreisenden im arktischen Archipel gefunden. Nur die wärmsten Monate der antarktischen Länder haben noch die mittlere Julitemperatur des Sonnblick. Der geringe Unterschied von 14° zwischen der niedrigsten und höchsten mittleren Monatstemperatur, wie er hier in den Tauern in Sonnblickhöhe noch besteht, läfst uns auch die interessante Frage mit einiger Sicherheit beantworten, in welcher Höhe der jährliche Gang der Temperatur verschwinden wird. Die Beobachtungen, die natürlich zur Vergleichung gleichzeitig im Thale angestellt werden und für jenen Unterschied noch in Kolm Saigurn 18° ergeben haben, lassen schliefsen, dafs diese Gleichmäfsigkeit hier bereits in der Höhe von 8800 Meter, also derjenigen des höchsten Berges der Erde eintreten müfste, während der Grofsglockner, der westliche Nachbar des Sonnblick, noch einen Unterschied von 12 bis 13° C. aufweisen würde.

Eine sehr interessante Frage, welche Astronomen, Physiker und Meteorologen in gleicher Weise interessiren mufs, ist das Mafs der Wärmeabnahme, das man beobachtet, wenn man sich in höhere Regionen des Luftmeeres erhebt. Denn diese Zahl geht ja auch in die Strahlenbrechung und in die barometrische Höhenmessung mit ein. Kein Wunder, dafs man die Sonnblick-Messungen auch für Berechnung derselben verwandte; und es giebt in der That keine zwei Stationen, die sich besser für diesen Zweck eigneten, wie die von Kolm Saigurn mit der Gipfelwarte, denn bei einem Höhenunterschied von 1480 m sind sie in Luftlinie noch nicht 3 Kilometer auseinander. Dabei liegt die Station noch nicht auf dem untersten Thalesboden, so dafs die kalten Luftmassen noch tiefer herabzugleiten im stande sind, also durch ihr Beharren nicht — wie wo anders — die ruhige Vergleichung stören. Jene Luftmassen finden erst im Pinzgau Ruhe und bleiben dort lange Zeit liegen, während die oberste Thalstufe der Rauris samt dem Sonnblicke mildere Temperatur zeigen. Also von lokalen Störungen fast völlig frei, erlauben uns die Beobachtungen eine Bestimmung der fraglichen Zahl von noch nie erreichter Genauigkeit. Dieselbe wechselt etwas mit der Jahreszeit; ihre Werthe für 100 Meter sind:

im Winter	Frühling	Sommer	Herbst
0,55° C.	0,69° C.	0,74° C.	0,60° C.

Mit Hülfe dieser Zahlen aber lassen sich die mittleren Temperaturen auch in jeder beliebigen anderen Höhe der Atmosphäre berechnen. In jener Höhe, wo die jährlichen Schwankungen auf Null herabsinken, kann die Temperatur nur — 44° C. betragen, während ihr Werth für den Grofsglockner sich noch auf — 11° stellt. Wegen der kalten Luftmassen, die im Winter in tieferen Schichten der Lufthülle lagern, gelten die angeführten Zahlen nicht für die unteren Schichten, und das wenig südliche Linz ist deshalb im Sommer zwar 18° wärmer als die Sonnblickspitze, im Winter aber nur um 8°.

Hat das Thermometer auf dem Tauern-Gipfel uns manche interessante Frage beantwortet, so bleibt uns auch das Barometer keine Auskunft schuldig. Es bleibt mit seinem Mittel von 520 Millimetern um 200 Millimeter unter dem Stande zurück, den es in Salzburg oder Klagenfurt hat; aber es macht im Laufe des Jahres gröfsere Schwankungen, als wir an unserem Wetterglas zu beobachten in der Lage sind. Im warmen Juli steht es durchschnittlich 11 mm. höher als im kalten März. Ist das nicht das Umgekehrte von dem, was wir hier unten wahrnehmen? Bringen uns nicht gerade jene hohen Barometerstände des Winters die schreckliche Kälte? Aber die sonderbare Erscheinung erklärt sich leicht. Kalte Luft zieht sich zusammen, und so wird im März die Luftsäule bis zur Sonnblickspitze so dicht und schwer werden, dafs oben nicht mehr der gewöhnliche Betrag lastender Luft erübrigt, das Barometer also sinken mufs, während es in den Thälern seinen Stand behält.

(Schlufs folgt.)





Geringere Temperaturzunahme unter Gebirgen als Beweis für sog. „Bergwurzeln“ und „Massendefekte“.

Von Dr. **F. M. Stapff.**

Le Conte hat die Ansicht ausgesprochen, dafs sich auf der Innenfläche der Erdkruste Unebenheiten befinden müfsten, welche jene der Aufsenfläche gleichsam wiederspiegelten (also Wülste unter den Kontinenten, Verdünnungen unter den Meeren), weil das hydrostatische Gleichgewicht eine solche Massenvertheilung in der auf dem flüssigen Innern liegenden Kruste bedinge[1]). Rev. O. Fisher kommt im X. Kap. („Disturbed tract“) seiner Physics of the Earth's crust (1881) zu demselben Resultat, aber unabhängig von Le Conte und auf ganz anderem Weg, nämlich durch Untersuchung der Form, welche ein begrenzter Streifen („tract“) der Kruste durch Seitenschub annehmen wird. Dabei tritt in der Regel keine Faltung der Kruste zu Wellen ein, deren Thäler in die flüssige Unterlage tauchen und deren Rücken Hohlräume überwölben oder auf eingedrängtem Fluidum ruhen; sondern die durch Tangentialdruck verursachte Kompression wird eher durch Zertrümmerung und Ineinanderschiebung, d. i. Wulstbildung in der Kruste, gelöst als durch Biegung derselben als Ganzes. Dies Verhältnifs läfst sich übrigens auch ohne analytische Formeln leicht übersehen, wenn man bedenkt, dafs eine parallelepipedische Säule durch axiellen Druck eher zerquetscht als gebogen wird, sobald (gleiche Breite der Säule in beiden Fällen vorausgesetzt) die Dicke (h) mehr als $^1/_6$ bis $^1/_{16}$ der Länge (l) beträgt. Vorstehende Verhältnifszahlen variiren mit dem jemaligen Elastizitätsmodul (E) und Festigkeitsmodul (K) des Säulenmaterials[2]), nähern sich im grofsen ganzen aber etwa $^1/_{10}$.

[1]) Vergl. Band II. S. 454 u. ff.

[2]) Stehen Dicke und Länge in dem Verhältnifs

$$\frac{h}{l} = \frac{\sqrt{48}}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{K}{E}} = 2{,}17 \cdot \sqrt{\frac{K}{E}},$$

so biegt sich und knickt die Säule ebenso leicht als sie zerquetscht wird.

Ein durch senkrechte Parallelklüfte von seiner Umgebung losgetrennter Streifen der Erdkruste würde durch Tangentialschub in seiner Längsrichtung gleich einer parallelepipedischen liegenden Säule als Ganzes gebogen werden können, wenn er wenigstens etwa zehnmal so lang als dick wäre. Bei einer Dicke der Erdkruste von vielleicht 30 km müfste also der Streifen 300 km lang sein, um durch axiellen Druck auf- oder einwärts gebogen werden zu können, während bei geringerer Länge Quetschung und Wulstbildung einträte. Da aber ein so langer Streifen der Erdkruste weder homogen, noch überall gleich fest, noch ohne Risse vorausgesetzt werden kann, so wird Zerquetschung, Zerstückelung und Wulstbildung durch Uebereinanderschieben von Trümmern entlang Ablösungs- (Verwerfungs-) Klüften, die gewöhnlichere Erscheinung sein, Faltung eine mehr lokale durch sekundäre Schubkomponenten veranlafste. Einen der Wirklichkeit entnommenen Beleg hierfür bietet z. B. das Profil des Gotthardmassivs in der Tunnelebene.

Beistehende, O. Fishers Werk entlehnte, Skizze (Fig. 1) stellt einen

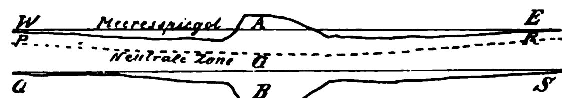


Fig. 1.

durch Tangentialschub erzeugten Wulst der Erdkruste vor, von welchem der obere Theil (A) als Gebirge oder Kontinent über der ideellen Geoidfläche hervorragt, während der untere (B) als „Bergwurzel" in das flüssige Erdinnere taucht.

Im XI. Kapitel („The revelations of the plumbline") seines Werkes zeigt Rev. O. Fisher, dafs Airys Erklärung der zu geringen Ablenkung des Lothes durch das Himalayagebirge in vollem Einklang mit der eben begründeten Theorie der „Bergwurzeln", oder inneren Wulstbildung durch Zusammenschiebung der Erdkruste, steht. Bekanntlich wurde bei der indischen Gradmessung (1847) der Breitenunterschied zwischen Kalianpur (24° 7′ 11″ N. B.) und Kaliana (29° 30′ 48″ N. B.) trigonometrisch zu 5° 23′ 42,294″ bestimmt, astronomisch dagegen zu 5° 23′ 37,058″, und der Unterschied von 5,236″ der Attraktion des

In Gruben sieht man oft genug, wie sich dicke Holzstempel unter langsam gesteigertem Druck nicht biegen und knicken, sondern in der Mitte wulstig ausbauchen und zerfasern, während überdrückte Steinsäulen meist an den Kanten ausbrechen („brennen") oder nach Ablösungsflächen schief zur Achsenrichtung bersten und ineinander drängen.

Himalaya auf das Loth zugeschrieben. Als Archidiakonus J. H. Pratt 1855 die Lothablenkung direkt zu berechnen versuchte, welche durch Massenanziehung des Himalaya (bei einem angenommenen spezifischen Gewicht von 2,75) bewirkt werden könnte, fand er aber 15,885″ und erklärte die Nichtübereinstimmung zwischen Rechnung und Messung durch die Annahme, dafs der indische Meridianbogen weniger abgeplattet wäre als $\frac{1}{300,8}$, wodurch der Einflufs der Bergmasse auf das Loth numerisch kleiner erschiene, als er in Wirklichkeit sei. Gleichzeitig zeigte aber der Kgl. Astronom G. B. Airy, wie die zu kleine Lothabweichung auf einen Massendefekt unter dem Himalaya zurückzuführen sei, welcher aber nicht etwa durch einen Hohlraum verursacht ist, sondern durch das Verdrängen des spezifisch schwereren Erdfluidums unter dem Gebirge durch eine Protuberanz der spezifisch leichteren Kruste nach innen, d. i. durch eine Wulst oder Bergwurzel. Die Lothabweichung, welche das Gebirge oder die äufsere Protuberanz hervorbringt, würde gröfser sein, wenn unter dem Gebirge an Stelle des Wulstes von geringerem spezifischem Gewicht, also kleinerer Masse, ein gleich grofses Volum des umgebenden, schwereren, geschmolzenen Magmas gleichfalls auf das Loth wirkte.

Im XII. Kapitel („The revelations of the thermometer") sucht Rev. Fisher zu beweisen, dafs wegen der in das flüssige Erdinnere ragenden Gebirgswurzeln die Wärmezunahme mit der Tiefe in Gebirgen langsamer ist als in der ungestörten ebenen Kruste der Umgebung weil die Entfernung von der Oberfläche zu der überall gleich temperirt gedachten Innenfläche der Rinde in ersterem Falle gröfser ist als in letzterem. Da mir Rev. Fisher die Ehre erweist, seinen Betrachtungen die Resultate meiner Temperaturbeobachtungen im Gotthardtunnel zu Grunde zu legen, so kommt es mir zu, darauf hinzuweisen, dafs die langsame Temperaturzunahme zwischen der Oberfläche und der Tunnellinie durch den Gotthard nachweisbar noch von ganz anderen Umständen abhängt, als von Bergwurzeln, dafs also ein geothermischer Beweis für deren Existenz durch das von Rev. Fisher diskutirte Beispiel nicht erbracht worden ist. Die übrigen von Le Conte, Airy, Fisher beigebrachten Argumente, zu welchen noch jene Beispiele für „Massendefekte" kommen, auf welche Oberstlieutenant von Sterneck bei dem letzten deutschen Geographentag in einem Vortrag „Ueber Schwerestörungen und Lothabweichungen" hinwies (Tirol, Böhmen, Kaukasus, Seealpen, Erzgebirge, Harz u. a.), dürften jedoch allein genügen, um die Existenz von Bergwur-

zeln wahrscheinlich zu machen; vielleicht giebt es auch andere Gegenden, wo nicht nur Gebirgsbau und Schwerestörungen durch Massendefekte, sondern auch noch geothermische Anomalien auf innere Wülste der Erdkruste hinweisen.

Bevor ich die Gründe darlege, weshalb der mittlere Wärmezunahme-Coefficient im Gotthard ungewöhnlich niedrig ist, sei es gestattet, die Schlufsfolgerungen zu resumiren, welche Rev. Fisher aus demselben für seine Theorie der (durch Zusammenschiebung der Erdkruste entstandenen) Bergwurzeln zieht. Denn obwohl der diskutirte Fall für die Begründung dieser Schlufsfolgerungen nicht recht pafst, so behalten letztere doch ihre theoretische Richtigkeit und Tragweite für die Beurtheilung anderer einschlägiger Fälle.

In einem Gebirge, wo die Wärme langsamer mit der Tiefe zunimmt als unter der benachbarten Ebene, sind die in gröfseren Tiefenabständen auf einander folgenden Isothermen konvex aufwärts gebogen; ihre Krümmung nimmt aber mit der Tiefe allmählich ab, und es mufs endlich eine horizontale Isotherme eintreffen, welche glatt in die gleichwerthige der benachbarten Ebene verläuft. (Fig. 2.) Wäre keine Bergwurzel vorhanden, so müfste diese horizontale Isotherme (J) an der inneren Grenzfläche der festen Erdkruste liegen, und die Dicke (k) der letzteren würde sich zur Krustendicke (k') unter dem Gebirge umgekehrt verhalten wie die resp. Wärmezunahme-Coefficienten (r) und (r'), weil $kr = k'r'$ = der Temperatur in J; d. i. $\frac{k}{k'} = \frac{r'}{r}$. Nun ist nach Rev. Fisher die Wärmezunahme unter dem Gotthard nur halb so grofs als jene unter ebenem Terrain, so dafs die Dicke der ebenen Kruste (k) nur halb so grofs wäre als die Krustendicke unter dem Gebirge (k'), d. i. etwa 2860 m, weil der höchste Profilpunkt der Tunnellinie 2861 m u. M. liegt und gleichviel Kruste unter der im Meeresniveau gedachten Ebene liegen müfste, wenn $k' = 2k$ sein soll. Eine so geringe Dicke ist aber nicht möglich; deshalb ist die Annahme einer unter Gebirge und Ebene an der inneren Krustenfläche horizontal verlaufenden Isotherme unrichtig, mithin die Voraussetzung eines Wulstes unter dem Gebirge nothwendig.[3])

[3]) Der summarische Ueberschlag des Rev. Fisher ergiebt übrigens einen zu kleinen numerischen Werth für die Dicke. Der von Fisher benutzte Zunahme-Coefficient $r' = 0{,}0206$ wurde 1877 (Studien über die Wärmevertheilung im Gotthard) aus den damals vorliegenden Beobachtungen in 4400 m des nördl. und 4100 m des südl. Tunnelortes abgeleitet, dagegen folgt aus sämtlichen Beobachtungen in dem fast 15 km langen Tunnel $r' = 0{,}0215$; und bei Zugrundelegung

An die Voraussetzung eines solchen (Fig. 3) knüpft sich die Annahme, dafs die Temperatur des flüssigen Magmas unter und neben dem Wulst wesentlich die gleiche sei; und obwohl sich manches gegen diese Annahme einwenden läfst, ist es doch die einzige, welche jetzt ohne neue willkürliche Annahmen gemacht werden kann. Ist dann, wie oben, (k) die Dicke der oberen Kruste, (r) der Wärmezunahme-

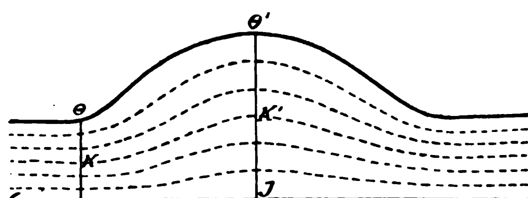


Fig. 2.

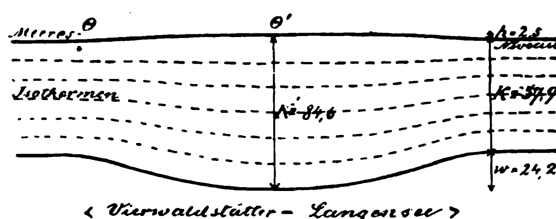


Fig. 3.

---

des durch Massennivellement ausgeglichenen Profils: $r' = 0{,}0218$. (Some results of the observations on underground temperature during the construction of the St. Gothard Tunnel; 1883). Das von Rev. Fisher angenommene Verhältnifs $\frac{r}{r'} = \frac{1}{2}$ der Wärmezunahme unter dem Gebirge zu jener unter der Ebene ist durch $\frac{r}{r'} = \frac{0{,}0215}{0{,}0317} = 0{,}678$ zu ersetzen. Endlich ist in Betracht zu ziehen, dafs die Boden oberflächen-Temperatur auf dem Gebirge niedriger ist als auf der Ebene (im Meeresniveau), und zwar ergeben die Gotthardbeobachtungen eine Abnahme von 0,00426° C. per Meter Höhenzunahme. Ist also die Bodentemperatur am Fufs des Gebirges, auf der im Meeresniveau gedachten ebenen Kruste $= \theta$, so wird sie auf dem $k' - k$ höheren Gebirge $\theta' = \theta - (k' - k) \cdot 0{,}00426$ sein. Die Bedingungsgleichung für die Tiefenlage der horizontalen Isotherme wird nun:

$$J = k' r' + \theta' = k r + \theta;$$

$$k' \cdot 0{,}0215 + (\theta - k' - k) \cdot 0{,}00426 = k \cdot 0{,}0317 + \theta;$$

$$\frac{k'}{k} = 1{,}6$$

Und da $k' = k + 2861$ m

$k = 4770$ m.

Obwohl dieser Werth für die Dicke der ebenen Erdkruste fast zweimal so grofs ist als der oben von Rev. Fisher geschätzte, so ist er doch noch viel zu klein, und die Schlufsfolgerung auf die Existenz von Bergwurzeln aus geothermischen Gründen bleibt so weit berechtigt.

Coefficient in derselben, (Θ) die Bodentemperatur an ihrer Oberfläche, und bedeuten (k'), (r'), (Θ') die homologen Werthe für den wulstigen Theil der Kruste, so ist die Temperatur an der Innenfläche =

$$k\,r + \Theta = k'\,r' + \Theta'; \text{ daher } k' = \frac{k\,r + \Theta - \Theta'}{r'} \; \ldots \; 1)$$

Damit das hydrostatische Gleichgewicht auch nach Entstehung eines Wulstes in der vorher ebenen Kruste erhalten bleibt, mufs das Gewicht der äufseren freien Protuberanz (h) durch den Auftrieb der inneren (Bergwurzel) (w) balancirt werden; wenn das spezifische Gewicht der Kruste = ρ ist, und jenes des Magmas, worauf sie ruht, = σ, mufs also $h\,\rho = w\,(\sigma - \rho)$ sein, woraus folgt: $w = \frac{h\,\rho}{\sigma - \rho}$.

Für $k' = h + k + w$ können wir also setzen

$$k' = h + k + \frac{h\,\rho}{\sigma - \rho} = k + h\,(\frac{\sigma}{\sigma - \rho}) \; \ldots \; 2)$$

Durch Gleichsetzen von Gl. 1) und 2) resultirt:

$$k = \frac{r'}{r - r'} \cdot h \cdot (\frac{\sigma}{\sigma - \rho}) - \frac{\Theta - \Theta'}{r - r'} \; \ldots \; 3)$$

Um hiernach die Dicke der Erdrinde numerisch zu bestimmen, führt Rev. Fisher als spez. Gewicht derselben $\rho = 2{,}68$ (Granit) ein, als spez. Gewicht des flüssigen Magmas $\sigma = 2{,}96$ (Basalt); ferner für h : 2839 m (höchster Profilpunkt nach der Dufourkarte); $r' = \frac{1}{102}$ ^{0}F. (Wärmezunahme-Quotient unter dem höchsten Profilpunkt); $r = \frac{1}{51}$ ^{0}F (Wärmezunahme-Quotient für ebenes Terrain); $\Theta' = 0^0$ C. (Bodenoberflächen-Temperatur des höchsten Profilpunktes); $\Theta' = 50^0$ F. (Bodenoberflächen-Temperatur im Meereshorizont), und findet:

k = 96 623 engl. Fuss = 18,3 miles = **29,45** km;

k' = 36,9 miles = **59,46** km.

Temperatur an der unteren Fläche:

$k\,r + \Theta$ = 1944^0 F. = **1062**^{0} C.

Führen wir anstatt der von Rev. Fisher etwas willkürlich gegriffenen Zahlen die genauesten Mittelwerthe ein, welche aus den Gotthardbeobachtungen abgeleitet werden konnten, nämlich

h = 2530 m (Scheitelhöhe ü. M. des durch Massennivellement ausgeglichenen Profils);

r' = 0,0218 (mittlerer Wärmezunahme-Quotient unter dem Gebirge, nach den Höhen des ausgeglichenen Profils berechnet);

r = 0,0317 (Wärmezunahme-Quotient unter ebenem Terrain; nach „Some results etc.“ aus den Gotthardbeobachtungen berechnet).

$\theta' = 1{,}5^0$ C. (ideelle Boden-Oberflächentemperatur am Scheitel des ausgeglichenen Profils);

$\theta = 11{,}5^0$ C. (ideelle Boden-Oberflächentemperatur in Meeresniveau, am Ort des Tunnels).

$\rho = 2{,}68$ ⎱ spez. Gewicht der Kruste und des Magmas nächst
$\sigma = 2{,}96$ ⎰ darunter, wie von Fisher angenommen,

so giebt obenstehende Formel 3⁰.

k = **57,88** km = 35,95 miles;

k' = **84,62** km = 52,56 miles.

Temperatur an der inneren Fläche der Kruste **1846**⁰ C. = 3355⁰ F.

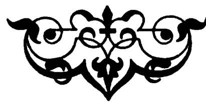
Diese Werthe sind ungefähr zweimal so grofs wie die oben von Rev. Fischer berechneten und scheinen von dem Annehmbaren gleichfalls weit entfernt, aber in entgegengesetzter Richtung. Die Methode leidet an einigen Schwächen, denen schwer beizukommen ist; namentlich an der Voraussetzung gleicher Temperatur unter und neben dem Wulst an der unteren Rindenfläche; an der ziemlich willkürlichen Annahme des spezifischen Gewichts der Kruste und des Magmas, auf dem sie schwimmt; an der Voraussetzung gleichförmiger Wärmezunahme durch den Wulst einerseits, die ebene Kruste anderseits. Hinsichtlich der Erstarrungstemperatur des schmelzflüssigen Magmas, oder der Temperatur an der unteren Krustenfläche, ist Gleichheit am Anfang und Ende einer 24 – 27 km tief in das Fluidum tauchenden Bergwurzel ganz unwahrscheinlich, theils weil die Mineralzusammensetzung sowohl von Kruste als von Magma in so grofsen Gebieten, wie sie hier in Frage kommen, schwerlich gleichförmig ist; theils weil der Erstarrungspunkt, selbst einer und derselben Substanz, mit dem Druck sich ändert; theils weil Convektionsströme im Fluidum aufkommen müssen, so lange noch eine regionale Abkühlung oder Erhitzung desselben stattfindet. Die in Rechnung gezogenen spezifischen Gewichte sind von Rev. Fisher ohne Zweifel so umsichtig gewählt, als die Verhältnisse es zulassen; wenn sie aber auch nur um Zehntheile unrichtig wären, so könnte dadurch die Krustendicke um ein Viertel ihres Betrages zu grofs oder klein gefunden werden. Gleichförmigkeit der Wärmezunahme durch die ganze Dicke des Wulstes wird in obiger Deduktion irrthümlich vorausgesetzt; nicht wegen der ganz minimalen Aenderung des Wärmezunahme-Coefficienten mit der Tiefe, welche das rationelle Abkühlungsgesetz fordert, sondern wegen des Einflusses lokaler Störungen, deren Vorhandensein bei jeder neuen Serie Erdtemperatur-Beobachtungen bemerklich wird, und wegen der theoretischen Nothwendigkeit, dafs die Wärme ungleich-

förmig durch einen Wulst fliefst, dessen nach unten gewölbte Fläche von dem umspülenden Fluidum auf gleicher (?) Temperatur erhalten wird, dessen Mittelstück von einem Medium umgeben ist, worin die Temperatur von unten nach oben abnimmt, dessen nach oben gewölbte freie Fläche in Luft ragt, deren Temperatur aufwärts abnimmt. Aus diesen Gründen können wir dem Ausspruch des Rev. Fisher: „Indeed the existence of such roots of the mountain appears to be proved even more fully by the argument from temperature, than by that from geodesy" (Physics of the Earth's crust., p. 162) zwar nicht unbedingt beistimmen, müssen aber das Verdienst Fishers, auf Beziehungen zwischen Massendefekten und Temperatur-Anomalien hingewiesen zu haben, voll anerkennen. Durch weitere eingehende Untersuchung dieser Beziehungen wird sowohl die Lehre von den Wärmeverhältnissen im Inneren der Erde, als jene vom Aufbau ihrer Kruste, kräftig gefördert werden.

Im Verlauf seiner Betrachtungen kommt Rev. Fisher noch zu dem Resultat, dafs die Erdkruste mitten unter einem grofsen Ocean 20 miles dick sein müfste, wenn sie am Strand 25 m dick wäre, und dafs sie unter dem Meer dichter sei als auf dem Lande, wodurch sich die Wasseransammlung der Meere erklären liefse. Ich breche aber hier ab und gehe zur Erörterung der Ursachen über, weshalb der Wärmezunahme-Coefficient im Gotthard, unabhängig von Massendefekten durch Bergwurzeln, niedriger ist als der gewöhnlich angenommene.[4])

[4]) A. Boehm hat vor einigen Jahren im Jahrbuch der K. K. geol. Reichsanstalt die von Rev. Fisher aus den Gotthard-Temperaturbeobachtungen gezogenen Schlüsse besprochen. Ich habe den Aufsatz nicht zur Hand und kann hier deshalb nicht Bezug auf denselben nehmen.

(Fortsetzung folgt.)





Falbs kritische Tage.

Von Prof. J. M. Pernter in Innsbruck.

(Schlufs.)

Bevor wir uns der Untersuchung zuwenden, ob vielleicht zwar für Europa der von Falb behauptete Mondeinflufs nicht vorhanden ist, dafür aber derselbe nachweisbar ist, wenn man die Untersuchung über die ganze Erde ausdehnt, müssen wir uns noch kurze Zeit bei Europa aufhalten. Falb hat, wie wir eingangs (S. 35) gesehen haben, den Satz aufgestellt, dafs „im Allgemeinen“ „bei schwächeren Fluthwerthen“ die Wirkung des Mondes leichter maskirt werden könne und letztere „sich daher mit gröfserer Wahrscheinlichkeit in ihren stärksten als in ihren schwächsten Phasen geltend zu machen vermöge“. Dieser Satz kommt einem Aufgeben der „schwächeren“ „kritischen Tage“ sehr nahe.

Obwohl nun bei der Zusammenstellung, wie wir sie gegeben haben, der Einflufs der „kritischen Tage“ mit „stärksten Fluthwerthen“, falls er so bedeutend wäre, wie ihn Falb voraussetzt, in den Summen immer noch hervortreten müfste, so ist es dennoch richtig, dafs, falls die „schwächeren Fluthwerthe“ keinen Einflufs zu üben vermögen, dieselben den Einflufs der „stärkeren“ in dem Endresultate einigermafsen undeutlicher zu machen im stande wären, und dafs in einer Zusammenstellung, welche sich auf die „stärksten Fluthwerthe“ beschränkt, die Wirkung der letzteren deutlicher hervortreten müfste. Ich habe daher auch diese Zusammenstellung noch gemacht, indem ich nun die „kritischen Tage“ erster Ordnung und die Finsternifstage, auf welche Falb besonderes Gewicht legt, in Betracht zog. Dies bedeutet nun freilich ein Aufgeben aller kritischen Tage II. und III. Ordnung, wenn sie keine Finsternifstage sind, und würde sich uns daher für die „stärksten Fluthwerthe“ der von Falb geforderte Einflufs ergeben, so hätten wir doch wenigstens gezeigt, dafs die übrigen kritischen Tage — also mehr als die Hälfte derer, die Falb bisher angegeben — ohne Einflufs ist. Ich gebe nun für Europa das Resultat

dieser Zusammenstellung und zwar gleich für den ganzen Zeitraum von drei Jahren, weil für die einzelnen Jahre die Anzahl der Perioden mit kritischen Tagen erster Ordnung und Finsternifstagen zu klein ist, als dafs sie ein deutliches Resultat geben könnte. Betreffs der „ungewöhnlichen Erscheinungen“ mache ich aufmerksam, dafs die Anzahl, der in den 33 Perioden mit kritischen Tagen I. Ordnung oder Finsternifstagen vorkommenden nur 84 beträgt und daher die Vertheilung dieser geringen Anzahl über 33 Perioden mit je nahe 15 Tagen, also über etwa 495 Tage keinerlei Anspruch erheben kann, ein Gesetz dieser Vertheilung wiederzugeben. Was die Ueberschwemmungen betrifft, so treffen auf die 33 Perioden gar nur 37 Fälle, und so habe ich, um keinen nur scheinbaren Vertheilungsmodus in die Tabellen einzubeziehen, vorgezogen, die Ueberschwemmungen separat zur Darstellung zu bringen. Ich gebe nun die Tabelle gleich in gleichwerthigen Zahlen, d. h. die einzelnen Zahlen bedeuten Prozente der Gesamtanzahl der Fälle einer jeden Erscheinung.

8. Zusammenhang mit den „kritischen Tagen“ I. Ordnung und Finsternifstagen.

										kritisch						
Tag	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Depressionen . . .	6.4	5.6	6.4	6.7	6.6	7.5	7.1	6.2	6 8	6.4	6.6	6.7	7.5	**8.0**	(5.6)	100.1
Stürme	5.4	6.3	7.6	5.9	5.3	4.8	5.3	5.1	**9.1**	8.7	6.5	4.8	7.3	**9.1**	**(9.1)**	100.3
Nieder-schlag { Ausbreit.	6.4	6.3	5.8	6.2	**7.6**	7.5	6.8	6.1	6.9	6.6	6.8	7.0	**7.6**	7.1	(5.2)	99.9
Nieder-schlag { Menge .	6.2	6.2	5.1	5.6	7.5	8.8	6.7	6.3	7.6	7.0	7.7	6.1	7.6	6.7	(5.5)	100.6
Ungew. Erschein.	8.3	4.8	3.6	4.8	**13.1**	3.6	10.7	3.6	6.0	7.1	4.8	7.1	11.9	7.1	(3.6)	100.1
Summe	32.7	29.2	28.5	29.2	40.1	32.2	36.6	27.3	36.4	35.8	32.4	31.7	**41.9**	38.0	(29.0)	501.0
Mittlerer Durchschnitt . .	6.5	5.8	5 7	5.8	8.0	6.4	7.3	5.5	7.3	7.2	6.5	6.3	**8.4**	7.6	(5.8)	100.1

Diese Tabelle ist für Falbs Behauptung in Wirklichkeit günstiger, als die früher für alle kritischen Tage ohne Unterschied gegebene. Das, was er von diesen kritischen Tagen verlangt, leisten sie aber dennoch nicht. Zunächst sehen wir, dafs das Maximum für keine der Erscheinungen auf jene drei Tage (den „kritischen“ und zwei Tage vor denselben) fällt, welche Falb als diejenigen bezeichnet, an welchen für die Tage „stärkster Fluthwerthe“ diese Wettererscheinungen eintreten sollen. Selbst für die Stürme liegt das Maximum offenbar am vierten Tage nach dem „kritischen“, da der Werth 9.1, sobald man diesen Tag gleichwerthig macht mit den andern, sich erhöht. Daraus folgt aber, dafs für jede dieser Escheinungen ein oder mehrere andere Tage vorhanden sind, die viel kritischer sind als die „kritischen“.

Suchen wir aber, wie früher, ob auf die drei Tage, den „kriti-

schen" und die zwei Tage vorher, vielleicht doch eine so hervorragende Anzahl Fälle entfällt, dafs dieselben besonders vor allen anderen ausgezeichnet sind. Für diesen Fall müfste auf dieselben bedeutend mehr als ein Fünftel der Gesamtzahl treffen. Ich bemerke, dafs ein Fünftel der Zahlen der obigen Tabelle stets 20 ist, da die Zahlen Prozente bedeuten und daher die Gesamtzahl stets 100 ist.

	Depressionen	Stürme	Niederschlags- Ausbreitung	Niederschlags- Menge	Ungew. Erschei- nungen	Mittlerer Durch- schnitt
kritisches Triduum	19.8	24.3	20.3	22.3	17.9	21.0

Weder die Gesamtheit der Erscheinungen noch eine einzelne derselben tritt also in diesen drei Tagen in bedeutend gröfserer Anzahl auf, als ihr bei einer gleichmäfsigen Vertheilung der Fälle über die ganze Periode zukäme; am meisten übersteigen die Stürme die Zahl 20, nämlich um 4, die Niederschlagsmenge aber nur um 2, die Gesamtheit nur um 1; das will heifsen, dafs auf diese drei Tage nur um 4 pCt. der Gesamtheit mehr Stürme, um 2 pCt. mehr Niederschläge entfallen und dafs im Durchschnitt von all den angeführten Erscheinungen nur 1 pCt. mehr auf das kritische Triduum fällt, als es bei gleichmäfsiger Vertheilung der Fall wäre. Dieses Resultat ist dasselbe, das die „Zunftgelehrten" bei Untersuchung des Mondeinflusses bisher stets gefunden haben: ein sehr kleiner, für die praktische Seite und die Wetterprognose belangloser Einflufs.

Und selbst dieser kleine Ueberschufs am „kritischen Triduum" ist für Falb nicht ohne bitteren Beigeschmack zu haben. Es giebt nämlich bei jeder der obigen Erscheinungen noch andere Triduen, welche ebenfalls einen Ueberschufs über das gebührende Fünftel aufweisen. So ergiebt bei den Stürmen die Summe des 2., 3. und 4. Tages nach dem „kritischen" (13, 14, 15 der Periode) 25.5, also, trotz Einbeziehung des minderwerthigen 15. Tages, 5.5 pCt. über das Fünftel; bei der Niederschlagsausbreitung giebt 12, 13, 14 der Periode: 21.7 und 5, 6, 7 der Periode 21.9, während das „kritische Triduum" nur 20.3 erreicht; bei der Niederschlagsmenge giebt wieder 5, 6, 7 der Periode: 23.0, gegenüber 22.3 des „kritischen Triduums"; endlich ist für die Gesamtheit aller Erscheinungen sowohl das Triduum 12, 13, 14 der Periode mit der Zahl 22.3, als das Triduum 5, 6, 7 mit der Zahl 21.7, gegenüber dem „kritischen Triduum" mit der Zahl 21.0, im Ueberschusse. Mit der gerade an das „kritische Triduum" gebundenen grofsen Häufigkeit, wie sie Falb verlangt, ist es also auch nichts.

Nach unserem Prinzipe, nicht nur die Aufstellungen Falbs an

den Thatsachen zu prüfen, sondern auch aus den letzteren, unabhängig von den Falbschen Betrachtungen, den Mondeinflufs zu untersuchen, bilden wir wieder die Summen für die „kritische“ Pentade und die „kritische Hälfte“. Da bei letzterer der 15. Tag entfällt, so werde ich die wahre Hälfte der 14tägigen Summe auch angeben; was die Pentade betrifft, so ist da die ganze Summe stets 100 beträgt, ein Drittel 33.3.

	Depressionen	Stürme	Niederschlags- Ausbreitung	Niederschlags- Menge	Ungew. Erscheinungen	Mittlerer Durchschnitt
kritische Pentade	34.0	36.4	34.9	36.0	36.9	35.7

Es zeigt sich also durchwegs ein kleiner Ueberschufs über das Drittel, den man immerhin für jenen, in der Praxis allerdings belanglosen, Mondeinflufs ansehen kann, der von den Fachmännern schon so oft nachgewiesen wurde. Sehen wir uns nun die „kritische Hälfte“ an.

	Depressionen	Stürme	Niederschlags- Ausbreitung	Niederschlags- Menge	Ungew. Erscheinungen	Mittlerer Durchschnitt
kritische Hälfte	48.2	50.6	48.1	49.0	47.6	48.8
wahre Hälfte der 14tägig. Summe	47.2	45.6	47.3	47.5	48.1	47.2

Das heifst also wieder, mit Ausahme der „ungewöhnlichen Erscheinungen“, derselbe kleine Ueberschufs zu Gunsten eines Mondeinflusses in der „kritischen Hälfte“.

Würde aber jemand fragen, ob ich durch diese Zahlen den besagten kleinen Mondeinflufs für erwiesen ansehe, so müfste ich gestehen, dafs dies in exakter Weise noch immer nicht geschehen ist. Denn wo es sich um so kleine Gröfsen handelt, ist für so veränderliche Erscheinungen die Zahl von 33 Perioden, die mir zur Verfügung steht, offenbar eine zu kleine, als dafs man behaupten könnte, auch bei einer doppelten, dreifachen oder noch mehrfachen Zahl von Perioden würde sich dieser kleine Ueberschufs noch behaupten; möglich ist es, ja nach allen vorausgegangenen Untersuchungen der Fachmänner über den Mondeinflufs auf die verschiedenen meteorologischen Elemente sogar recht wahrscheinlich; aber gewifs, exakt erwiesen, kann man es nicht nennen. Es ist jedenfalls auffallend, dafs gerade der „kritische Tag“ so wenig durch die Häufigkeit hervorragt. Ebenso auffallend ist, dafs in der „kritischen Pentade“ und der „kritischen Hälfte“ nicht ein regelmäfsiger Anstieg zu einem Maximum und Abfall von demselben sich zeigt, nichts zu sagen von jenen Maximis, die aufserhalb der „kritischen Hälfte“ liegen.

Somit ergiebt sich uns auch für die „kritischen Tage" erster Ordnung und die Finsternifstage der Schlufs, dafs auch an diesen Tagen der „stärksten Fluthwerthe" der von Falb behauptete Mondeinflufs nicht vorhanden ist.

Doch wir haben da noch die Ueberschwemmungen nachzutragen. Die 36 Fälle, welche auf die 33 Perioden der „stärksten Fluthwerthe" treffen, vertheilen sich folgendermafsen über die 15 Tage der Perioden:

									kritisch					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0	2	2	2	1	2	2	4	6	6	3	3	0	2	(1)

Hier fällt also das Maximum deutlich auf den ersten Tag der „kritischen" Pentade; das kritische Triduum ergiebt allein 15 Fälle, während das Fünftel aller Fälle nur 7 ist; die „kritische" Pentade weist 18 auf — das Drittel ist nur 12; die Hälfte der 14tägigen Summe 18, die „kritische Hälfte" hat aber 24 Fälle. Das spricht nun doch so laut für den von Falb speziell betreffs der Ueberschwemmungen behaupteten Mondeinflufs an seinen „kritischen Tagen", allerdings nur denen mit den „stärksten Fluthwerthen", dafs dagegen nichts mehr zu sagen ist!

Leider mufs ich auf den Ruhm verzichten, der darin läge, einen solchen Mondeinflufs auf die Ueberschwemmungen nachgewiesen zu haben. Jedermann, der solche Zusammenstellungen je gemacht hat, weifs, wie nichts beweisend der Gang einer Erscheinung ist, den man aus einer kleinen Anzahl von Fällen ableitet; fast jede neue Periode die man dazu nimmt, ändert diesen Gang und durch Hinzunahme von mehreren Perioden verkehrt man ihn sehr oft in das Gegentheil des ursprünglichen. Es stehen mir nun aber augenblicklich nicht mehr Fälle zur Verfügung und so bin ich nicht in der Lage die Untersuchung auf exakte Weise zum Abschlufs zu bringen.

Ich mufs aber alle jene, welche etwa trotz der Mangelhaftigkeit der angeführten Zahlen geneigt wären anzunehmen, dafs nun doch die „kritischen Tage" erster Ordnung und die Finsternifstage jedesmal ihr Bedenkliches haben und für Ueberschwemmungen wirklich kritische Tage sind, einladen, folgende Erwägungen zu machen: Von den 33 Perioden dieser „stärksten Fluthwerthe" hatten (in Europa) 17 überhaupt keine Ueberschwemmungen, 22 keine in der „kritischen Hälfte", überdies 22 keine in der „kritischen" Pentade und 24 keine im „kritischen Triduum". Das Maximum der ersten und zweiten Tage vor dem „kritischen" ist daher das Resultat von 9 Perioden, an welchen gerade die in diesen Perioden eingetretenen Ueberschwemmungen auf

den 9. und 10. Tag der Periode hauptsächlich entfielen. Kann man da gegenüber den so vielen Fällen, wo zur „kritischen“ Zeit keine Ueberschwemmungen eintraten, von mehr als von Zufälligkeit reden?

Beachten wir aber ferner, dafs von den 89 Fällen von Ueberschwemmungen, welche in diesen drei Jahren in Europa gemeldet wurden, auf die „kritische“ Pentade der Perioden „stärkster Fluthwerthe“ nur 18 entfielen, so wird man auch überdies leicht einsehen, dafs es einen geringen Werth hätte, gerade an diesen Tagen erster Ordnung und den Finsternifstagen eine besondere Sorge und Furcht vor Ueberschwemmungen zu hegen.

Diese Erwägungen dürften hinreichen, um sowohl unsere Behauptung zu begründen, dafs die angeführte Vertheilung der Ueberschwemmungen in den Perioden „stärkster Fluthwerthe“ auf ungenügendem Materiale beruht und daher keinen Anspruch auf Exaktheit erheben kann, als auch klar zu machen, dafs selbst, falls sie richtig wäre, für die Wetterprognose daraus kein Nutzen resultiren würde, da ja doch vier Fünftel der Ueberschwemmungen zu anderen Zeiten eintraten, als in der „kritischen Pentade“ der Perioden „stärkster Fluthwerthe!“

Nach dem bisher Auseinandergesetzten haben also die „kritischen Tage“ von Falb für Europa jedenfalls keine Bedeutung. Wir könnten uns dabei beruhigen, da es uns praktisch gleichgültig sein kann, ob dieselben anderswo von Bedeutung sind. Allein wenn dieselben für die übrige Erde in der That sich als das beweisen würden, als was sie Falb ansieht, so entstände nur die neue Frage: warum ist ihre Wirkung für Europa paralysirt? und wir wären wohl gezwungen auf diese Frage zu antworten. Da ist es doch vorzuziehen, wenigstens eine Art Stichprobe zu machen, ob die „kritischen Tage“ für die ganze Erde sich wirksam erweisen oder nicht. Wir müssen zu diesem Zwecke unsere Untersuchung über die ganze Erde ausdehnen, d. h. die von Falb den „kritischen Tagen“ zugeschriebenen Erscheinungen in Bezug auf ihr Eintreffen auf der ganze Erde verfolgen.

Wollten wir auch nur in der Ausführlichkeit, wie wir es für Europa gethan, hierbei vorgehen, so wäre damit eine fast unmenschliche Arbeit verbunden. Ja, es würden uns für einen grofsen Theil der Erde die Quellen dafür mangeln. Ich mufste mich daher auf eine Quelle beschränken, welche nur die wichtigsten Ereignisse meldet und ich glaube dieselbe in der Münchener Allgemeinen Zeitung gefunden zu haben. Falb selbst wird gegen diese Quelle nichts einzuwenden haben, denn er führt seine „Beweise“ für das Zutreffen seiner Voraussagen fast ausnahmslos durch Zeitungszitate. Auch ist gerade durch

eine solche Zeitung eine Sichtung der Ereignisse gegeben, da nur die auffallenderen und wichtigsten gemeldet werden, besonders durch die Telegramme. Indem ich daher diese, meist telegraphischen Meldungen benutzte, erreichte ich zugleich, dafs ich nur auf weitere Kreise Eindruck machende Ereignisse für meine Zusammenstellung erhielt und dafs so die Untersuchung zeigen wird, ob nicht wenigstens diese, mehr gefürchteten Fälle gerade hauptsächlich an die „kritischen Tage“ gebunden sind.

Ich zog also aus den Telegrammen, — für aufsereuropäische Länder häufig auch aus anderen Notizen (durchgeschaut wurde für jeden Tag die ganze Zeitung, sowohl Morgen- als Abendblatt), für europäische Länder fand sich in letzteren selten etwas — die Berichte über 1. Ueberschwemmungen, 2. Stürme, Orkane, Tornados, 3. besonders heftige Schneefälle mit Verwehungen und besonders heftige Gewitter mit Wolkenbrüchen oder Hagel, 4. Erdbeben, 5. Grubengasexplosionen, aus und notirte sie für jene Tage, an welchen sie nach der Meldung der Zeitung eintraten. Bei der Zusammenstellung nach den 15-tägigen Perioden zählte ich einfach jeden Tag, an dem die betreffende Erscheinung notirt war, als Treffer mit der Zahl 1 — ob nun an diesem Tage ein oder mehrere Fälle vorkamen. In Wirklichkeit sind Tage mit mehreren Fällen äufserst selten, wenn man nicht die Meldung nahe gelegener Orte, z. B. über Schneeverwehungen oder Ueberschwemmungen, jede als eigenen Fall ansehen will, was doch nicht angeht. Auf diese Weise wurden auch die Zahlen für die einzelnen Erscheinungen gleichwerthig und eine unmittelbare Summirung derselben möglich; diese Summen drücken dann ohne weiteres auch die Häufung der Erscheinungen an einem und demselben Tage aus.

Ich gebe nun die Vertheilung der genannten Erscheinungen über die 15-tägige Periode und zwar gleich für die ganze Zeitdauer der drei untersuchten Jahre, weil die Anzahl der Fälle in den einzelnen Jahren doch eine zu kleine wäre und das Schlufsresultat immer in der Zusammenstellung für den ganzen untersuchten Zeitraum liegt.

9. Zusammenstellung für die ganze Erde.

									kritisch						
Tag	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Ueberschwemmung.	3	10	9	9	6	11	10	**14**	7	9	6	9	4	11	(4)
Stürme u. s. w. . . .	5	7	7	10	5	**11**	6	7	8	7	9	7	9	6	(6)
Heftige Gewitter u. Schneefälle . . .	7	8	5	5	3	4	7	3	8	3	**10**	5	5	8	(4)
Erdbeben und Vulkanausbrüche . .	**7**	4	**7**	1	5	1	3	6	4	3	4	5	3	2	(4)
Grubengasexplosion.	**4**	2	3	3	3	2	3	2	3	2	1	3	2	3	(1)
Gesamtsumme . . .	26	31	31	28	22	29	29	**32**	30	24	30	29	23	30	(19)

Man erkennt auf den ersten Blick. dafs das Resultat für die ganze Erde gleichlautend ist mit dem für Europa gefundenen; in einem einzigen Falle, bei den heftigen Gewittern und Schneefällen, fällt das Maximum in die kritische Pentade, übersteigt aber auch da nicht beträchtlich die Zahl für den zweiten und den 14. Tag der Periode. Die Gesamtsumme weist eine staunenswerth gleichmäfsige Vertheilung der Erscheinungen über die 15-tägige Periode auf. Die Verhältnisse der „kritischen“ Pentade und der kritischen Hälfte sind aus folgender Tabelle ersichtlich:

	kritische Pentade	Drittel der Perioden-summe	kritische Hälfte	Hälfte der 14tägigen Summe
Ueberschwemmungen . .	35	41	60	59
Stürme u. s. w.	40	37	53	52
Heftige Gewitter u. Schneefälle	31	28	42	41
Erdbeben und Vulkanausbrüche	19	20	27	27
Grubengasexplosionen . .	11	12	16	18
Gesamtsumme	136	138	198	197

Da stofsen wir also auf eine geradezu verblüffende Gleichheit der Zahlen für die „kritische“ Pentade und das Drittel einerseits, und der „kritischen Hälfte“, und der 14-tägigen Hälfte andererseits, und wir werden dadurch neuerdings zu der Schlufsfolgerung gedrängt, dafs die Vertheilung der Erscheinungen über die ganze Periode eine gleichmäfsige sei und eine Bevorzugung weder für den kritischen Tag selbst. noch für die Umgebung desselben vorhanden ist.

Wir wollen aber auch hier noch untersuchen, ob vielleicht die Perioden mit den „stärksten Fluthwerthen“ sich für Falbs Auffassung günstiger erweisen. Ich beschränke mich aber hier auf die Gesamtheit der Erscheinungen, die ja an sich auch am beweiskräftigsten ist. Folgende Zahlen stellen den Zusammenhang der „kritischen Tage“ erster Ordnung und der Finsternifstage mit den obigen Erscheinungen dar:

									kritisch					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
7	11	10	13	8	6	11	11	13	12	8	11	10	10	(6)

Die Abweichung von der gleichmäfsigen Vertheilung ist auch hier eine sehr geringe. Das „kritische Triduum“ giebt 33 Fälle, während das Fünftel der Gesamtsumme 29·4 ist. Es wäre dies also ein kleiner Ueberschufs zu Gunsten des ersteren; allein wir finden noch ein anderes Triduum, weit ab vom „kritischen“, nämlich das Triduum

2, 3, 4 der Periode, das sogar 34 Fälle enthält und wobei der 4. Tag ein ebenso grofses Maximum (13) aufweist, wie der 9. Tag. Die „kritische Pentade" giebt 54 Fälle, gegenüber dem Drittel, das 49 hat; die kritische Hälfte giebt 75 Fälle, während die 14-tägige Hälfte 70 enthält. Man könnte also möglicherweise wieder von jenem kleinen Mondeinflufs sprechen, welchen die Fachmeteorologen auch sonst nachgewiesen haben, der aber jedenfalls für die Praxis ganz belanglos ist.

Somit bewahrheitet sich auch für die ganze Erde Falbs Auffassung vom Mondeinflufs an den „kritischen Tagen" nicht, auch nicht an denen erster Ordnung und den Finsternifstagen.

Ich bin mit meinen Untersuchungen zu Ende. Es liefse sich aus meinen Originalauszügen und Tabellen allerdings noch auf verschiedenen anderen Wegen das gleiche Resultat erlangen, ich hoffe aber, dafs durch die hier mitgetheilten Untersuchungen die Frage genügend klar gestellt ist, und so will ich nicht durch weitere tabellarische Zusammenstellungen ermüden.

Wir sind also durch die eingeschlagene Methode der Untersuchung zu dem Schlusse gekommen, dafs die Vertheilung der von Falb gerade für die „kritischen Tage", oder deutlicher gesagt, für Vollmond und Neumond, besonders reklamirten Erscheinungen, die Neigung gerade an diesem Tage vorzugsweise einzutreffen, nicht erkennen lassen, dafs vielmehr eine ziemlich gleichmäfsige Vertheilung derselben auf die ganze Zeit zwischen Vollmond und Neumond viel mehr den Thatsachen entspricht und wir können erwarten, dafs, wenn man statt drei Jahre, 10 oder mehr Jahre in dieser Weise untersucht, die Gleichmäfsigkeit der Vertheilung noch viel auffallender hervortreten wird. Hiernach können wir die Behauptung wagen, dafs, wenn Falb, statt Vollmond und Neumond, einen beliebigen anderen Tag zwischen diesen als kritischen bezeichnet hätte, er damit ziemlich die gleichen Erfolge erzielt hätte, wie mit seinen jetzigen „kritischen Tagen".

Es ist nun leicht, das Fehlerhafte der Beweismethode Falbs klar vor aller Augen zu stellen. Falbs Beweismethode ist im wesentlichen folgende. Er stellt die „kritischen Tage", wie er sagt, „nach der Laplaceschen Formel berechnet" auf, und weissagt für dieselben das Eintreffen gewisser Erscheinungen. Trifft dann eine dieser Erscheinungen an den bestimmten Tagen ein, so hält Falb die Wirkung, die er den „kritischen Tagen" zuschreibt, für erwiesen. Er argumentirt — sehen wir von dem so viel betonten subjektiven Momente ab —: wenn eine solche für die „kritischen Tage" voraus-

gesagte, sonst seltene, Erscheinung gerade an den „kritischen Tagen" eintritt, so mufs jeder die Beweiskraft empfinden. Diese Argumentation wäre nun ganz richtig, wenn Falb zuerst bewiesen hätte, dafs die vorausgesagten Erscheinungen sonst selten sind. Das zu beweisen hat Falb leider unterlassen. Man darf in den exakten Wissenschaften keine Behauptung unerwiesen lassen. Falb liefs aber gerade das wichtigste Glied seiner Argumentation, auf das alles ankam, nämlich die Seltenheit der betreffenden Erscheinungen an anderen als „kritischen Tagen" unerwiesen. Er glaubte vielleicht selbst an diese Seltenheit und verlangte jedenfalls, dafs andere an dieselbe auf seinen Anspruch hin glauben sollten. Wir haben aber diese Seltenheit untersucht und wie ich glaube nachgewiesen, dafs dieselbe nicht vorhanden ist, dafs vielmehr alle die von Falb für die „kritischen Tage" als charakteristisch bezeichneten Erscheinungen, jede für sich und alle gemeinsam, die „kritischen Tage" wenig und gar nicht bevorzugen, sondern vielmehr sogar alle Tage ziemlich gleich mit ihrem Auftreten bedenken. Die von Falb vorausgesetzte Seltenheit an anderen Tagen existirt nicht, daher sind alle bisher von ihm nach seiner Methode erbrachten Beweise für die „kritischen Tage" hinfällig. Es obliegt daher Falb vor allem Anderen die strenge Pflicht zu beweisen — falls er die Resultate meiner obigen Untersuchungen nicht anerkennen sollte —, dafs die besagten Erscheinungen in der That „sonst", d. h. an anderen als den „kritischen Tagen", selten sind.

Ich hoffe, dafs ich durch diese meine Untersuchungen und Darlegungen die Frage der Falbschen „kritischen Tage", wenn auch vielleicht nicht endgültig gelöst[1]), so doch jedenfalls ins richtige Geleise gebracht habe.

[1]) Ich vermeide gerne den Ausdruck, eine Frage gelöst zu haben. Falb ist in dieser Beziehung leider ein wenig unvorsichtig. Ein Beispiel, das sich nicht auf die kritischen Tage bezieht. Man erinnert sich noch der herrlichen Abendröthen im Winter 1883/84. Ueber die Ursache derselben waren die Meinungen der Gelehrten anfänglich getheilt. Ein Theil derselben schrieb sie der „Asche" zu, welche beim fürchterlichen Vulkanausbruch auf der kleinen Sundainsel Krakatau in die Atmosphäre geschleudert wurde, ein Theil hielt dies für unwahrscheinlich und schrieb sie dem vermehrten Gehalte an Eisnadeln in den hohen Schichten der Atmosphäre zu. Falb sah nun, wie viele andere, dafs bei Tag ein grofser braunrother Ring (der Bishopsche Ring) um die Sonne sich zeigte, der einen Halbmesser von etwa 21 Grad hatte. Da schrieb er nun in seinem „der Mond und das Wetter" (S. 74 Anmerkung): „Gewöhnlicher vulkanischer Staub oder Wasserbläschen . . . hätten nur eine Beugungserscheinung und damit einen Ring von höchstens 6 Grad, nicht aber von 21 Grad Halbmesser, der nur durch spiegelnde prismatische Crystalle entstehen konnte, erzeugen können". Dies ist für Falb Grund genug, um — da

Falb hat denjenigen, welche nicht nach seinen Forderungen diese Frage behandeln, von vorneherein die Makel einer „trägen Mechanik des Denkens und unlogischer Untersuchungsmethoden" aufzuprägen versucht. Man mufs zugeben, dafs das Ueberspringen des Beweises für die wichtigste Behauptung in seiner Schlufsfolgerung, nämlich für die sonstige Seltenheit der fraglichen Erscheinungen, nichts weniger als eine „träge" Mechanik des Denkens verräth, sie zeugt vielmehr für eine ziemlich übereilte, um nicht zu sagen leichtfertige[2]) „Mechanik des Denkens". Ein solches Ueberspringen macht

ihm Auswurfprodukte des Vulkans wahrscheinlicher als Eisnadeln schienen — mikroskopische Crystalle von glasigem Feldspath als wahrscheinlichste Ursache der grofsartigen Abendröthen anzunehmen. „Damit," meinte Falb, „dürfte diese Frage, welche wissenschaftlich viel Staub aufgewirbelt hat, einen alle Parteien befriedigenden Abschlufs finden". Es ist nicht unsere Sache hier, zu untersuchen, wie weit Müller in der Stelle der kosmischen Physik, auf welche sich Falb beruft, selbst irrte, wir müssen nur konstatiren, dafs Falb die Lehre von den Beugungserscheinungen wenig zu kennen scheint, wenn er meinte, ein Hof von 21 Grad Halbmesser könne nie durch Beugung an allerdings äufserst kleinen Staubtheilchen entstehen. Diese Unkenntnifs veranlafste ihn zu einer Hypothese, deren Beurtheilung von Seiten der Chemiker und Geologen schwerlich eine günstige sein dürfte, und damit und nach alledem glaubte er eine „Frage, die wissenschaftlich viel Staub aufgewirbelt hat", wie er sagt, einem „befriedigenden Abschlusse" zugeführt zu haben. Ich führe diesen Fall speziell an, um dem Leser es leichter verständlich erscheinen zu lassen, dafs Falb auch in der Frage der „kritischen Tage" den wichtigsten Beweis übergangen hat, wenn er sieht, in wie voreiliger Weise er wissenschaftliche Fragen zum Abschlusse bringen zu können glaubt.

[2]) Zur Rechtfertigung dieses Ausdruckes mufs ich wenigstens einen der eklatansten Beweise aus Falbs Schriften anführen. In den „Wetterbriefen" S. 9 liefst man: „Man kann sich den Gesamtbetrag des Luftdruckes nun am besten versinnlichen, wenn man bedenkt, dafs der Ersatz der ganzen Atmosphäre . . . ein Quecksilbermeer von durchschnittlich 660 Millimeter Höhe erfordert". Ein Druckfehler, wird jedermann sagen; es weifs heute bald jedes Schulkind, dafs es 760 heifsen soll. Gut. Aber S. 12 lesen wir wieder: „. . . . dafs dieses Quecksilbermeer eine Tiefe von 660 Millimeter besitzen müsse". Wieder ein Druckfehler. Gut. Aber S. 13 lesen wir: „den durchschnittlichen Beobachtungen gemäfs erreicht die Höhe dieser Quecksilbersäule (im Barometer) 660 Millimeter". Wieder ein Druckfehler? Aber S. 14 steht wieder: „dafs der Barometerstand unter 660 eine Verminderung und darüber eine Vermehrung der durchschnittlichen Schwere" bedeute. Es ist kaum mehr möglich, dafs wir es hier mit einem Druckfehler zu thun haben. Dafs Falb in dieser Gröfse sich offenbar irrte, zeigt eine Rechnung auf S. 8; dort heifst es: „Der Luftdruck an der Erdoberfläche beträgt nicht weniger als 1 kg auf je 85 qmm". Hier ist es wieder eine bekannte Thatsache, dafs dieser Druck von einem kg erst auf 100 qmm kommt. Da nimmt Falb wieder einen zu hohen Barometerstand als Grundlage der Rechnung, oder aber er hat mit 660 mm gerechnet und bei der Umrechnung auf 1 kg einen Rechenfehler gemacht.

Es ist nun gewifs leichtfertig in einem Buche, das sich nicht selten gegen

aber eine Untersuchungsmethode auch nicht zur logischen, sondern ist gerade ein Charakteristikum unlogischer Untersuchungsmethoden. In der That haben wir durch unsere Zusammenstellungen und Darlegungen gezeigt, dafs der Fall, in welchen Falb durch diesen Vorgang gerathen, sehr viel Aehnlichkeit besitzt mit demjenigen eines Mannes — den wir in den einleitenden Erörterungen als Beispiel anführten —, der das Nachtwerden als eine charakteristische Erscheinung der „kritischen Tage" erklärte und den Beweis dafür dadurch erbrachte, dafs er nachweisen konnte, dafs es bisher in der That an jedem „kritischen Tage" Nacht wurde.

Herr Falb hat in seinen Wetterbriefen auch ein philologisches Kapitel und schliefst dasselbe mit einem Hiebe auf die Philologen, indem er schreibt: „Dazu gehört aber eine gesunde naturwissenschaftliche Logik, die unseren Philologen zu fehlen scheint: lucus a non lucendo." Die Philologen werden sich mit diesem Satze selbst abzufinden wissen. Wir zweifeln aber nicht, dafs Falb, um nicht den gegen Andere geschleuderten Vorwurf auf sich zu laden, es als seine Aufgabe ansehen wird, in Zukunft von jenen Erscheinungen, die er für die kritischen Tage voraussagt, zuerst nachzuweisen, dafs es nicht solche sind, die an allen Tagen ziemlich gleich häufig auftreten.

die Fachmeteorologen wendet, von einem Manne, der die Fachmeteorologen sogar manches Neue lehren wollte, solche Fehler, die mit Zuhilfenahme jedes Lehrbuches zu korrigiren gewesen wären, stehen zu lassen. Weitere Beispiele ähnlicher Art zu bringen, mangelt uns hier der Raum.





Zwei neuartige und bedeutungsvolle Entdeckungen auf dem Gebiete der Himmelsphotographie sind letzthin gemacht worden. Die erste betrifft die Auffindung einer neuen Rille und eines Kraters auf den Mondphotographien der Lick-Sternwarte durch den hervorragenden Selenographen Professor Weinek in Prag. Die betreffenden Photographien, auf denen diese Entdeckung gemacht wurde, sind von derselben Art und Gröfse, wie diejenigen, von denen wir heliographische Vervielfältigungen im ersten Bande dieser Zeitschrift veröffentlichten. Durch diese Vervielfältigung geht allerdings ganz unvermeidlicherweise trotz gröfsester Sorgfalt viel Detail verloren. Die Untersuchung mufste deshalb auf den direkt vom Original abgenommenen Kopien auf Glas geschehen. Auf diesen fand bei ungemein mühsamer und langwieriger Durcharbeitung, respektive Kopirung und Vergleichung mit den besten vorhandenen Mondkarten, Herr Professor Weinek zunächst eine grofse Rille, welche die Wallebene Thibet nahe meridional durchzieht und eine Länge von etwa 28 Kilometer hat. Der zweite Gegenstand ist ein Krater ziemlich in der Mitte der sichtbaren Mondfläche, „südlich von der Verbindungslinie Pallas-Triesnecker im Sinus Medii, südöstlich vom Chladni in $0^{0}.06$ westlicher Länge und $2^{0}.24$ nördlicher Breite.“ Der Krater hat $4^{1}/_{2}$ Kilometer Durchmesser. Höchst merkwürdig ist es, dafs diese beiden Objekte durchaus nicht von minimaler Gröfse sind, ja sogar schon in 4—6-zölligen Instrumenten wahrgenommen werden können. Das kleine, kaum 20 Centimeter messende Bild unseres Trabanten, welches das Licht selbst in wenigen Sekunden entwarf, zeigt sich also vollkommen wie die 2 Meter grofse Karte von Schmidt, auf deren Herstellung er ein Lebensalter verwenden mufste. So ungeheuer sind die Fortschritte unserer modernen Forschungstechnik! Wie viele andere wunderbare Aufschlüsse werden wir derselben noch zu danken haben!

Der zweite Erfolg der Himmelsphotographie betrifft die Auffindung eines länglich ausgedehnten Nebels, in der Nähe

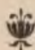
des bekannten Doppelsternsystems Algol im Perseus durch Herrn F. S. Archenhold, dem unsere Zeitschrift seit ihrem Bestehen bereits manchen interessanten Artikel verdankt. Es ist nicht das erste Mal, dafs auf einer Photographie ein Nebel aufgefunden worden ist. Bereits vor einigen Jahren entdeckten bekanntlich die Gebrüder Henry in Paris auf ihren Platten den seither vielfach zitirten Nebel in den Plejaden, welcher inzwischen auch mit lichtstarken Fernrohren direkt wahrgenommen ist. Das Eigenthümliche und besonders Bedeutungsvolle dieser neuen Entdeckung liegt dagegen in dem Umstande, dafs dieser neue photographische Nebelfleck im Perseus nicht wie jener andere nach stundenlanger Exposition sich aufzeichnet, sondern sehr schnell einen Lichteindruck hervorbringt, während er jedoch im Fernrohr überhaupt nicht sichtbar wird. Die photographische Lichtstärke des neuen Nebels kommt der des grofsen Andromedanebels, den man zur Noth mit blofsem Auge bereits wahrnimmt, gleich; er mufs also hauptsächlich nur jene ultravioletten Strahlen aussenden, welche auf unsere Netzhaut keinen Eindruck hervorbringen, wohl aber auf die photographische Platte. Wir haben es mit einem unsichtbaren Weltkörper zu thun, von dessen Existenz uns unsere Sinne niemals irgend welche Kunde hätten geben können, und der dennoch auf unermefsliche Entfernungen hin den Weltäther in so intensive Wellenbewegung zu versetzen vermag, dafs diese Wellen im stande sind, die Molekularattraktionen zu überwinden, welche die chemischen Elemente der photographischen Platte aneinander fesselt. Es ist zweifellos, dafs dieses merkwürdige Objekt nicht das einzige seiner Art ist und dafs die grofsartige Arbeit der photographischen Mappirung des Himmels uns noch eine grofse Anzahl ähnlicher Gebilde der Weltschöpfung offenbaren wird, welche auf unsere unvollkommenen Sinnesorgane, ihrer prinzipiellen Veranlagung, nicht ihrer Schwäche wegen, keinerlei Eindruck hervorbringen, ehe nicht die Technik ein scharfsinnig erfundenes Zwischenglied einschiebt.

Dr. M. Wilhelm Meyer.



Eine Ansicht über das Wesen des Zodiakallichtes und die Störungen des Erdmagnetismus. Im I. Bande unserer Zeitschrift (S. 577) wurde einer Hypothese von Sherman über das Zodiakallicht Raum gegeben, welche auf eine Verwandtschaft dieser Erscheinung mit den Polarlichtern einerseits, und der Sonnencorona andrerseits

hindeutet. Der Verfasser hatte sich dabei auf die Wahrnehmung gewisser Analogien in den Zodiakallichtbeobachtungen im Vergleich zum Verlaufe der Sonnenfleckenperiode gestützt; er sprach sich auch für die Hugginssche Vermuthung aus, dafs das Zodiakallicht aus Theilchen bestehen könne, welche von der Sonnenoberfläche durch elektrische Abstofsung in den Weltraum getrieben werden. Eine neue Ansicht von M. A. Veeder[1]) greift auf mehrere Punkte dieser Ideen zurück. Veeder findet, wie uns scheint, freilich mit noch unzureichendem Beobachtungsmaterial, aus den Polarlichtbeobachtungen geradezu die Umdrehungszeit der Sonne um ihre Axe heraus, nämlich 26 Tage 6^h 36^m, indem das Auftreten der Sonnenflecke und der Polarlichter an diese Periode gebunden sein soll. Das Zodiakallicht ist nichts Anderes als die Corona der Sonne, welche aus Meteorpartikelchen besteht und den elektrischen Impulsen der Sonne gewissermafsen als Konduktor dient. Durch das Medium des Zodiakallichtes sollen die elektrischen Vorgänge auf der Sonne nun an den Erdkörper übertragen werden. Der Verfasser bemüht sich, die eigenthümlichen Variationen der Elemente des Erdmagnetismus, die täglichen und jährlichen Veränderungen derselben, in den Grundursachen auf die elektrischen Strömungen der Sonne zurückzuführen. *



Ueber die Bahnelemente der Meteoriten hat jüngst Professor G. v. Niefsl eine ausführliche Studie[2]) veröffentlicht, deren wichtigste Ergebnisse, die mit den Resultaten einer neueren Untersuchung von Prof. H. A. Newton im wesentlichen übereinstimmen, von hohem, allgemeinem Interesse sein dürften. Zunächst wendet sich v. Niefsl gegen die von Reusch in Christiania auf Grund der mineralogischen Analyse einiger Meteoriten ausgesprochene Vermuthung, dafs diese Körper vielfach in geringer Nähe der Sonne vorübergingen und infolge dessen dann die Spuren einer vorübergehenden, sehr hohen Erwärmung an sich trügen. Die Discussion der über die Bahnen jener Meteoriten, welche zu Steinfällen Anlafs gaben, gesammelten Beobachtungen ergab im Gegentheil das bemerkenswerthe Ergebnifs,

[1]) The Zodiakal-Light (Proceedings of The Rochester Academy of Science. vol. I. 1891.)

[2]) Ueber die Periheldistanzen und andere Bahnelemente jener Meteoriten, deren Fallerscheinungen mit einiger Sicherheit beobachtet werden konnten. Sonderabdruck aus Bd. XXIX der Verhdl. des naturforschenden Vereins in Brünn. (Brünn, Verlag des Verf.)

dafs unter Zugrundelegung jeder beliebigen Hypothese über die Gestalt der Bahn bei weitem die gröfste Zahl dieser Bahnen Periheldistanzen zwischen 0,7 und 1,0 Erdbahnhalbmessern besitzt und dafs also die betreffenden Körper der Mehrzahl nach der Sonne nie näher kommen können, als bis etwa auf die Entfernung der Venus.

Auch die Schlüsse, welche nach Reusch die elliptische Form der Meteorbahnen wahrscheinlich machen sollen, werden als unzulänglich erwiesen, da sie sich nur auf die Thatsache stützen, dafs sich Meteoritenfälle oft an den gleichen Monatsdaten verschiedener Jahre wiederholt haben. Während nämlich Reusch für solche Fälle ohne weiteres identische Bahnen annehmen zu dürfen glaubt, zeigt eine blofse Zusammenstellung der wirklich berechneten Bahnen hierher gehöriger Erscheinungen, dafs sehr häufig Meteorerscheinungen, die zu gleichem Datum gehören, ja mitunter sogar in derselben Nacht aufeinanderfolgten, dennoch ganz verschiedenen kosmischen Strömen angehören. Noch weniger aber, als auf Identität der Bahnen, darf gar aus solchem Zusammentreffen auf eine durch elliptische Bewegung ermöglichte Periodicität geschlossen werden, denn es könnten immerhin sehr wohl mehrere Körper in einer und derselben parabelähnlichen Bahn hinter einander her laufen, wie es z. B. die Kometen 1843 I, 1880 I und 1882 II erwiesenermafsen thun.

Die Häufigkeit hyperbolischer Meteorbahnen dagegen ist nicht blofs durch fast alle bisher möglich gewesenen, vollständigen Bahnbestimmungen, sondern auch durch die über einen grofsen Theil des Jahres sich erstreckende Dauer der Thätigkeit vieler Radianten äufserst wahrscheinlich gemacht. Nur die Annahme, dafs die Geschwindigkeit der zu diesen Radianten gehörigen Meteore eine im Vergleich zur Erdbewegung sehr grofse, d. h. hyperbolische ist, macht nämlich die letzterwähnte Thatsache erklärlich; denn, nimmt man Werthe für die Geschwindigkeit an, welche elliptischer Bewegung entsprechen würden, so gehen die dann durch Rechnung sich ergebenden Bahnen der Meteore gleicher Radiation, aber verschiedenen Datums, innerhalb der Erdbahn weit auseinander, so dafs also die Uebereinstimmung der Radiationspunkte nur zufällig sein müfste. Auch Bredichins Hypothese, welche die lange thätigen Radianten durch die Annahme erklären will, dafs Meteore auch aus den anomalen (der Sonne zugewandten) Schweifen der Kometen entstehen können, kann für die von v. Niefsl in Betracht gezogenen Fälle nicht acceptirt werden, da hier das Zusammentreffen mit der Erde zumeist vor der Perihelpassage erfolgte, während elliptische Bahnen

von kürzerer Umlaufsdauer aus Partikeln anomaler Kometenschweife erst nach dem Durchgang durch die Sonnennähe entstehen können. Auch die Störungen durch die Planeten können zur Erklärung der in Rede stehenden Erscheinung nicht herangezogen werden, da dieselbe auch bei weit von der Ekliptik entfernten Radianten vorkommt, deren Meteore in stark gegen die Erdbahnebene geneigten Bahnen laufen und sich also anderen Planeten nicht nähern können.

Noch bedeutsamere Erörterungen über die Eigenthümlichkeiten der Meteorbahnen finden wir im dritten Abschnitt der oben genannten Schrift. Aehnliche Eigenthümlichkeiten, wie in Bezug auf die Periheldistanz, zeigen die Meteorbahnen nämlich, wie v. Niefsl übereinstimmend mit Newton findet, auch hinsichtlich der Neigung, insofern unter 36 untersuchten Bahnen 25 eine Neigung unter 30° besafsen, und von den übrigen 11 nur 4 zu den rückläufigen gehörten. Im Gegensatz zu Newton, der diese Rechtläufigkeit der Meteoriten für ein kosmisches Charakteristikum dieser Klasse von Weltkörpern hält und dadurch in seiner Ansicht von dem Zusammenhang der Meteoriten mit periodischen Kometen von kurzer Umlaufszeit, die ja auch durchweg rechtläufig sind, bestärkt wird, ist nun v. Niefsl der Meinung, dafs rückläufige Meteorbahnen und solche mit grofsen Neigungen oder auch mit kleinen Periheldistanzen vermuthlich ebenso häufig vorkommen, als rechtläufige mit schwach geneigter Bahn, dafs aber allein die letzteren die Erdatmosphäre genügend langsam durchziehen, um bis in tiefe Schichten ungehemmt einzudringen und dann als feste Körper den Erdboden zu erreichen. Da nämlich der von der Atmosphäre der Bewegung eines Meteors entgegengesetzte Widerstand mit zunehmender Geschwindigkeit stark wächst (vielleicht proportional der dritten Potenz der Geschwindigkeit), so müssen die rückläufigen, der Erde also entgegenkommenden Meteormassen eine sehr viel stärkere Hemmungswirkung in der Luft erfahren, als die hinter der Erde herziehenden, deren relative Geschwindigkeit eine mäfsige ist. Der stets beobachtete momentane Stillstand der Feuerkugeln, nachdem erst eine geringe Verlangsamung ihrer Bewegung durch den Luftwiderstand stattgefunden, macht es sehr wahrscheinlich, dafs die Meteormassen am Hemmungspunkte eine äufserst heftige, auflösende, stofsähnliche Einwirkung erfahren, die im stande ist, selbst beträchtliche Massen von mehreren Kilogramm Gewicht scheinbar völlig zu vernichten.

Dadurch kann es begreiflich erscheinen, dafs Meteore mit sehr grofser relativer Geschwindigkeit, wie sie bei den rückläufigen Körpern

vorkommt, schon in grofsen Höhen gänzlich aufgelöst werden mögen. Auf indirektem Wege konnte v. Niefsl für diese Ansicht auch aus der Erfahrung eine Bestätigung finden. In den Herbstmonaten nämlich, wenn der Erdapex[3]) seinen gröfsten Tagbogen beschreibt und also viele der Erde entgegenkommende Meteore sichtbar werden müssen, ist die mittlere Hemmungshöhe (von 29 berechneten Meteoren) gleich 63 km, während sie in den Frühlingsmonaten (im Mittel aus 22 Fällen) auf 45 km herabsinkt, offenbar weil in dieser Jahreszeit der Apex sich nur wenig über den europäischen Horizont erhebt und mithin unter den sichtbar werdenden Meteoren die rechtläufigen mit geringer relativer Geschwindigkeit überwiegen müssen.[4]) Dafs ein Unterschied der Geschwindigkeiten der Frühlings- und Herbst-Meteore im hier verlangten Sinne wirklich vorhanden ist, läfst sich übrigens auch bei denjenigen Fällen nachweisen, wo die Geschwindigkeit direkt beobachtet war. Ganz übereinstimmend mit den eben dargelegten Verhältnissen ergab sich die mittlere Hemmungshöhe für eine Anzahl Meteore, welche zu beliebigen Jahreszeiten der Erde entgegenkamen, zu 63 km, während sie bei solchen, die sich mit ihr im gleichen Sinne bewegten, nur gleich 46 km gefunden wurde, und auch an den durchschnittlichen Hemmungshöhen der Sternschnuppen verschiedener Ströme konnte nachgewiesen werden, dafs diese Körper um so tiefer in die Erdatmosphäre eindringen, je mehr sie mit der Erde gleiche Bewegungsrichtung haben, je geringer also ihre relative Geschwindigkeit ist.

Sonach erscheint es wahrscheinlich, dafs kleinere, rückläufige, also der Erde entgegenkommende Meteore überhaupt nicht auf den Erdboden gelangen können, dafs dies vielmehr nur gröfsere Massen vermögen, wie z. B. die bei Stannern am 22. Mai 1808 gefallenen Stücke. Etwas weniger weit vom Apex der Erdbewegung entfernt, als die Radianten der zu Steinfällen führenden Meteore, liegen durchschnittlich die Radianten der nur detonirenden Meteore, noch weniger die der lautlosen Feuerkugeln und dem Apex am nächsten endlich liegen die Sternschnuppenradianten, woraus wir erkennen, dafs bei diesen letztgenannten Phänomenen häufiger grofse relative Geschwindigkeiten

[3]) Der Punkt am Himmel, nach welchem die augenblickliche Bewegung der Erde gerichtet ist, der sog. Apex, liegt angenähert 90° westlich vom scheinbaren Sonnenort in der Ekliptik.

[4]) Daher sind auch im Februar und März die detonirenden Meteore häufiger, als in anderen Monaten, denn je tiefer der Hemmungspunkt liegt, um so leichter kann offenbar die Detonation an der Erdoberfläche wahrgenommen werden.

auftreten, welche schon in grofser Höhe die gänzliche Auflösung der in die Atmosphäre eingedrungenen Körper bedingen. In nächster Nähe des Apex sind nun aber auch die Sternschnuppenradianten wieder selten, vermuthlich weil Körper, welche der Erde so schnurstracks entgegenlaufen, schon in so grofsen Höhen aufgelöfst werden, dafs eine Beobachtung des Phänomens oft unmöglich wird.

Die eben dargelegten Erwägungen erklären nun ebensogut, wie die Rechtläufigkeit, auch die geringen Neigungen und grofsen Periheldistanzen der meisten bis zum Erdboden kommenden Meteoriten. Denn ein Körper, der sich mit der Erde nahezu in gleicher Richtung bewegt, mufs auch eine geringe Neigung gegen die Ekliptik und eine gröfsere Periheldistanz haben.

Schliefslich fügt v. Niefsl seiner Abhandlung noch einige wichtige allgemeinere Bemerkungen über die Unterschiede von Sternschnuppen und Meteoren an. Man hat in letzter Zeit Meteore und Sternschnuppen vielfach als typisch verschiedene Phänomene betrachten zu müssen geglaubt, da die ersteren nachweislich zumeist hyperbolische Bahnen beschreiben und sich dadurch als fremde Eindringlinge ins Sonnensystem charakterisiren, während für Sternschnuppen durch die klassischen Arbeiten Schiaparellis elliptische, parabelähnliche Bewegung erwiesen ist. v. Niefsl meint indessen, dafs diese strenge Scheidung doch nicht nothwendig sei. Es mag, so führt er an, auch Meteore mit elliptischer Bahn geben, so gut wie Kometen mit kürzerer Umlaufszeit vorkommen. Andererseits ist aber die elliptische Bewegung bei Sternschnuppen doch nur für einige, besonders reiche, periodische Schwärme nachgewiesen. Unter den sog. sporadischen Sternschnuppen kann trotzdem sehr wohl auch recht häufig hyperbolische Bewegung vorkommen, zumal durch diese Annahme die Erscheinung der täglichen Variation der Sternschnuppen quantitativ besser erklärt wird, als durch die Voraussetzung nur parabolischer Bahnen. Der Unterschied zwischen den in Hyperbeln und den in langgestreckten Ellipsen kreisenden Körpern ist nur ein kosmischer, braucht aber kein physischer zu sein, denn durch Störungen können Körper der ersten Klasse in solche der zweiten umgewandelt werden. F. Kbr.



Die Sternwarten der Vereinigten Staaten Nordamerikas.

Nach einer Zusammenstellung im „Sid. Mess." besitzen die Vereinigten Staaten gegenwärtig eine sehr beträchtliche Zahl von Observatorien; ohne Berücksichtigung der pädagogische Zwecke verfolgenden Observatorien (bei vielen „Colleges" befindet sich auch ein Fernrohr aufgestellt) und einer Reihe von Privatsternwarten sind etwa 34 als eigentliche Sternwarten anzusehen, 23 davon sind auch mit Personal hinreichend ausgerüstet und auf irgend welchen Beobachtungsgebieten permanent thätig. Die optische Ueberlegenheit der Fernrohre dieser Sternwarten gegen jene Europas ist zur Zeit schon beträchtlich. 31 der aufgestellten Refraktoren haben über 10 Zoll Objektivöffnung, 14 davon sind über 15 Zoll; der Gröfse nach reihen sich letztere wie folgt aneinander:

Wilson Peak (Calif.)	40	Zoll (inches)[1]
Lick Observ. (Calif.)	36	„
Newhaven (Conn.)	28	„
Washington	26	„
Univers. Virginia	26	„
Cambridge (Mass.)	24	„
Princeton (N. J.)	23	„
Denver (Col.)	20	„
Washington (Smithson. Inst.) .	20	„
Evanston (Ill.)	18½	„
Northfield (Minn.)	16⅕	„
Rochester (N. Y.)	16	„
Madison (Wiss.)	15½	„
Cambridge (Mass.)	15	„

Die gröfsten Refraktoren Europas befinden sich derzeit zu

Pulkowa bei Petersburg . . .	30	Zoll
Nizza	29¾	„
Wien	26¾	„
Gateshead	25	„
Paris	23.6	„

In Bezug auf Reflektoren sind England und Frankreich den Amerikanern überlegen; in den Vereinigten Staaten hat sich der Bau von Refraktoren am weitesten entwickelt, was um so bemerkenswerther ist, da es vor 30 Jahren dort kaum mehr als eine Sternwarte gab.

*

[1]) Die Ausführung dieses gröfsten aller bisherigen Refraktoren gilt als gesichert.

Arbeiten der deutschen Seewarte in Hamburg.

Die von Jahr zu Jahr an Ausdehnung gewinnende Thätigkeit dieses schönen Institutes hat auch für die Leser dieses Blattes manches Interesse. Wir entnehmen einige Mittheilungen hierüber dem 13. Jahresberichte der Seewarte (Hamburg 1891), welcher über die Arbeiten des Jahres 1890 referirt. Das Institut besteht aus vier Abtheilungen. Die erste befafst sich mit der Sammlung und Bearbeitung von meteorologischen Beobachtungen, welche auf hoher See, an Küstenstationen und Häfen von Schiffen aus gemacht werden; die Zentralstelle in Hamburg empfängt hierdurch wichtige Materialien zur Kenntnifs der maritimen Meteorologie. Im Jahre 1890 erhielt die Seewarte von deutschen Kriegs- und Handelsschiffen allein über 500 vollständige meteorologische Journale. Von meteorologischen Instrumenten zu diesen Beobachtungen hatte die Seewarte bis 1889 an Schiffe und überseeische Stationen 954 verliehen. Die zweite Abtheilung des Institutes prüft die ihr übergebenen nautischen, magnetischen und meteorologischen Instrumente und bestimmt deren Fehler und Correktionen. 1890 wurden u. a. 206 Barometer und 458 Thermometer der Prüfung unterzogen. Die Seewarte besitzt einen beträchtlichen Bestand von meteorologischen Instrumenten aller Art, mit welchen derzeit 319 Schiffe, 56 Inland- und 14 Auslandstationen ausgerüstet sind. In dieselbe Abtheilung gehört die Ueberprüfung der Schiffskompasse und Sextanten (1890: 168 Kompasse u. 179 Sextanten), die Untersuchungen über die Ablenkung der Kompafsnadel auf eisernen Schiffen (1890: 76 Schiffe) und die Discussion der über denselben Gegenstand seitens der Schiffe gemachten Beobachtungen. (1890 wurden 223 Deviationsjournale der Schiffe untersucht.) Endlich fallen in diese Abtheilung noch die sehr wichtigen Beobachtungen zur Bestimmung der Elemente des Erdmagnetismus. Diese Untersuchungen sind 1890 längs der deutschen Ostseeküste weiter ausgedehnt und aufserdem an der Zentralstelle in Hamburg, sowie in Stettin, Rostock, Barth, Flensburg, Bremerhaven, Neufahrwasser, Lübeck, Wilhelmshaven, Helgoland weiter fortgeführt worden. Aus den Beobachtungen geht hervor, dafs das deutsche Ostseeküstengebiet bezüglich des Erdmagnetismus erheblichen Lokalstörungen unterliegt; zur Feststellung dieser Unregelmäfsigkeiten sollen in den nächsten Jahren die magnetischen Bestimmungen im Inlande weiter nach Süden, bis gegen die österreichische und polnische Grenze hin fortgesetzt werden. Die im Publikum bekannteste Thätigkeit der Seewarte, Wettertelegraphie und Sturmwarnung, bilden die Aufgabe

der dritten Abtheilung. Die Anstalt giebt täglich eine grofse Zahl von telegraphischen Witterungsnachrichten an in- und ausländische Stationen ab und empfängt ebensolche von diversen Orten zur Konstruktion der Wetterkarten und zur Aufstellung von Wetterprognosen. Wegen bevorstehender Stürme sind 1890 die Signalstellen der deutschen Küsten an 57 Tagen gewarnt worden. Die vierte Abtheilung der Seewarte ist das Chronometerprüfungsinstitut. In demselben wird der tägliche Gang der Uhren sowie die Brauchbarkeit von Chronometern überhaupt einer Untersuchung unterzogen; die Uhren werden auf ihr Verhalten bei Einwirkung verschiedener Temperaturen, bei verschiedenem Feuchtigkeitsgehalte der Luft u. s. w. geprüft, und die Resultate einer rechnerischen Diskussion unterworfen. Im Jahre 1890 wurden 47 Chronometer und 27 Präcisionstaschenuhren in Bezug auf Gangänderung bei verschiedenen Temperaturen geprüft, ferner fand die dreizehnte der vom Institute bisher ausgeschriebenen allgemeinen Konkurrenzprüfungen von Marinechronometern statt, bei welcher 20 Chronometer geprüft wurden. Das Institut erhält für die Untersuchung der Chronometer in den nächsten Jahren ein neues Dienstgebäude, welches den Erfahrungen gemäfs zweckentsprechender ausgeführt, u. a. mit besonderen Räumen für Untersuchungen bei constanter Temperatur versehen werden soll. Die Seewarte hat ferner besondere Lehrkurse für Navigationslehrer und andere Interessenten über verschiedene Theile der nautischen Astronomie, astronomische Ortsbestimmungen und meteorologische Beobachtungen auf Reisen, praktische Beobachtungen an Bord von Schiffen u. s. w. eingerichtet, welche stets Theilnehmer finden. Aufserdem weist die jährliche Thätigkeit der Seewarte eine lebhafte Theilnahme an der wissenschaftlichen Publikation auf. Die Seewarte veröffentlicht nicht nur eine grofse Zahl von Mittheilungen über Reiseergebnisse, hydrographische und anderweitige Forschungen in den „Annalen der Hydrographie und maritimen Meteorologie", sondern als besondere Werke noch die „täglichen Wetterberichte", das „deutsche meteorologische Jahrbuch," die „deutschen überseeischen meteorologischen Beobachtungen" u. v. a. Die Jahresberichte der Direktion enthalten ferner im Anhange selbständige wissenschaftliche Untersuchungen der Mitglieder des Institutes. Von den uns im dreizehnten Jahresberichte vorliegenden vier Abhandlungen der Herren Prof. van Bebber, Dr. Stechert, Dr. v. Hasenkamp und Cap. H. Seemann möchte wohl die des letzteren Herrn unter dem Titel „Wetterlexikon, ein Register zu den europäischen Wetterkarten 1876-85" für weitere Kreise am interessantesten sein. „Um aus einem europä-

ischen Wetterbilde das kommende Wetter annähernd vorausbestimmen zu können," sagt der Verfasser, „ist nichts geeigneter, als der Anhalt, den ein früherer ähnlicher Zustand im Luftmeere über Europa uns bietet. Es ist daher wünschenswerth, einen solchen ähnlichen Zustand aus der verflossenen Zeit, soweit die Wetterkarten zurückreichen, in leichter und übersichtlicher Art, wie aus einem Lexikon, entnehmen zu können." Der Verfasser hat als Grundlage des jedesmaligen Luftdruckbildes die Differenzen des Luftdruckes dreier weit auseinander gelegenen Stationen angenommen: von Stornoway in Schottland, Biarritz in Südfrankreich und Hamburg. Mit den Differenzen Stornoway minus Hamburg und Biarritz niedriger resp. höher als Hamburg wird man für jeden vorkommenden Fall auf eine besondere Tabelle verwiesen, welche das Datum jener Tage zwischen 1876-85 enthält, an denen die allgemeine Wetterlage in Europa ganz ähnlich war wie an dem Tage, für welchen man mit den oben erwähnten Luftdruckdifferenzen in das Lexikon eingegangen ist. Zieht man nun die Wetterkarten der Tage zu rathe, welche den in der Tabelle angegebenen Daten folgen, so kann man den recht sicheren Schlufs ziehen, dafs sich das Wetter weiterhin gemäfs diesen früheren Wetterkarten gestalten wird. *



Chemische Fernewirkung. Von W. Ostwald ist kürzlich eine auffällige Thatsache beobachtet worden, welche sich wohl am besten als eine chemische Wirkung in die Ferne charakterisiren läfst.

Taucht man amalgamirtes Zink in eine Auflösung eines neutralen Salzes, z. B. des Kaliumsulfates, so wird dasselbe nicht angegriffen, und zwar auch dann nicht, wenn man es mit einem Stück Platin combinirt, also sozusagen eine galvanische Kette herstellt. Säuert man dagegen die Lösung an, so beginnt sofort eine Wasserstoffentwicklung und das Zink löst sich auf.

Dies ist nun freilich durchaus nichts Neues. Bisher huldigte man aber der Ansicht, jener Vorgang sei der Einwirkung der Säure auf das Zink zuzuschreiben. Ostwald gelangte indessen auf Grund der elektrolytischen Dissociationstheorie zu einer anderen Meinung, und der nachstehend beschriebene interessante Versuch scheint dieselbe zu rechtfertigen.

Behufs Ausführung desselben bringe man die neutrale Lösung von schwefelsaurem Kalium in ein Gefäfs, welches durch eine poröse Wand in zwei Hälften getrennt ist, und ordne sodann die beiden com-

binirten Metalle derart, dafs das Zink in die eine, das Platin dagegen in die andre Hälfte taucht. Wird nun zu der Abtheilung, welche mit dem Zink in Berührung steht, etwas Schwefelsäure hinzugesetzt, so erfolgt keinerlei Wirkung; säuert man dagegen die das Platin umgebende Lösung an, so beginnt sofort die Reaktion. Um das Zink in Lösung zu bringen, ist es also hier erforderlich, das Lösungsmittel, die Schwefelsäure, nicht auf das zu lösende Metall, das Zink, sondern auf das Platin wirken zu lassen. Der ganze Vorgang stellt sich somit gewissermafsen dar als eine Wirkung in die Ferne, indem der Einflufs der Säure vom Platin auf das Zink übertragen wird und hier zur Geltung gelangt.

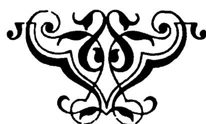
Was die Erklärung dieses Vorganges anbetrifft, so lautet dieselbe nach Ostwald etwa folgendermafsen: Die Theorie der elektrolytischen Dissociation fordert, dafs die gelösten Zinkatome als freie Jonen mit positiver Elektrizität beladen sind, und daher kann das Metall nur in dem Mafse in Lösung gehen, als seine Atome eine solche Ladung erhalten können. Das Zink ist natürlich ursprünglich weder positiv noch negativ elektrisch, sondern einfach neutral; wenn also bei der Lösung die fortgeführten Atome mit positiver Elektrizität behaftet sein sollen, so müssen sich die zurückbleibenden dementsprechend mit negativer Elektrizität laden. Dadurch wird eine mit dem Fortschreiten des Prozesses sich steigernde Anziehung zwischen den Atomen des festen und des gelösten Metalls bedingt, und, insofern nicht eine Ableitung der negativen Elektricität des festen Zinks erfolgt, mufs sich alsbald ein Gleichgewicht — ein Stillstand in der Lösung — herausstellen, ehe die Menge des gelösten Metalls irgendwie analytisch nachweisbar geworden ist. Steht nun das Zink, wie bei dem obigen Versuch, noch mit einem andern Metall, dem Platin, in Verbindung, so besitzt auch dieses die gleiche negative Ladung und zieht demgemäfs aus der umgebenden Lösung die positiven Jonen an sich. Da aber hier die Lösung eine andere Zusammensetzung besitzt, nämlich freie Säure enthält, so werden auch Wasserstoffatome als positive Jonen dem Platin zugeführt. Diese werden nun der Elektrizität beraubt und als gasförmiger Wasserstoff ausgeschieden. Dadurch wird die negative Ladung des Platins und ebenso die des Zinks kontinuirlich neutralisirt, und letzteres kann dauernd positiv geladene Atome an die Lösung abgeben. Würden die Wasserstoffatome die positive Elektrizität ebenso fest halten, wie die Kaliumatome des Sulfates, so könnte natürlich der Prozefs nicht statthaben, eine Differenz nach dieser Richtung bildet also in letzter Instanz die Bedingung für den Vorgang der Lösung.

Aehnliche Verhältnisse konnten auch bei anderen Metallen bezw. Salzen aufgefunden werden, und dementsprechend dürften unsre Anschauungen über das Lösen der Metalle in dem Sinne wie Ostwald dies näher ausführt*), zu reformiren sein. F.

*) Verh. d Königl. Sächs. Ges. d. Wiss. Leipzig 1891, p. 239.

Berichtigung.

Im Dezemberheft (No. 3 1891) Seite 142 Zeile 4 von unten ist statt 400 m Höhe zu lesen „4000 m Höhe".





Gelcich, Die Uhrmacherkunst und die Behandlung der Präzisionsuhren. (Bd. II. der mechanisch-technischen Bibliothek.) Wien, Pest, Leipzig. A. Hartleben. 1892.

Wollte Referent an dieser Stelle noch einmal die Wichtigkeit erörtern, die eine genau gehende Uhr in dem heutigen verkehrreichen Leben besitzt, so hiefse das oft Gesagtes wiederholen. Dem Astronomen ist die Uhr ein unumgängliches Werkzeug, und die Ueberwachung der Präzisionsuhren der Sternwarte bildet einen guten Theil der Beschäftigung desselben. Fortwährend ist ihr Gang zu kontroliren, dauernde und zufällige störende Kräfte sind fernzuhalten, die Abhängigkeit des Ganges von den meteorologischen Elementen ist festzustellen; und die Anregung, welche Himmelsforscher für eine immer genauere Zeitmessung gaben, ist umgekehrt nicht ohne Einflufs auf die Entwickelung der horologischen Technik geblieben. Das vorliegende (640 Seiten starke) Werk fafst alles zusammen, was den Uhrmacher sowohl wie den Astronomen interessiren kann. Es ist nicht für diesen allein geschrieben, sonst hätte der erste Theil wohl fortbleiben dürfen, der die allgemeinen astronomischen, physikalischen und technischen Grundlagen enthält. Diese Kapitel werden dagegen auch jedem Laien, der eine Uhr besitzt — und wer hätte keine — des Interessanten viel bieten: es seien nur die Abschnitte über Zeitbestimmung im allgemeinen, sowie über die Verfertigung von Sonnenuhren hervorgehoben; der zweite und kürzeste Theil ist eine allgemeine Beschreibung der Pendel-, Taschen- und Stutzuhren, wie sie Referent in solcher Klarheit noch in keinem der bekannteren Werke gefunden hat. Klarheit ist es überhaupt, die das ganze Buch beherrscht, auch die folgenden Theile. Die im dritten Theile behandelte allgemeine Uhrmacherkunst kann bereits des Rüstzeuges der Mathematik nicht entbehren. Aber im allgemeinen wird mit demjenigen der niedern auszukommen gestrebt. Wo die höhere herangezogen wird, geschieht es in durch besonderen Druck kenntlich gemachten Einschiebungen, und es werden dann nur Resultate in den übrigen Text aufgenommen. Was uns darin neu war, das war die einfache Behandlung der Hemmungen nach Grashof. Zu unserer Studienzeit kannte man für Pendeluhren die Untersuchungen von G. B. Airy über diesen Gegenstand, die auch in die einzige uns damals bekannte theoretische Horologie von Sir Alfred Becket übergenommen war; für die Chronometer war die erschöpfende Arbeit eines Villarceau mafsgebend. Diese Arbeiten sind nicht einmal im Literatur-Nachweis zitirt; es scheint in der That, dafs man mit den einfachen Prinzipien der theoretischen Maschinenlehre auskommt und dafs die Feinheiten, welche die Analyse der erwähnten Astronomen auszeichnet, in praxi zunächst unerheblich sind.*) Im folgenden Theile werden einige den Laien be-

*) Wir vermifsten in diesem Theile den theoretischen Nachweis über die eigenthümliche Wirkung der Federaufhängung, welche im übrigen erwähnt wird.

sonders interessirende Beschreibungen und Zeichnungen geliefert. Diesen letzteren, deren das Buch im ganzen 249 enthält, eignet dieselbe Klarheit, die den Text beherrscht. Der den Astronomen wichtigste Theil ist der folgende, welcher die Regulirung und Behandlung der Präzisionsuhren betrifft. Die für Astronomie und Nautik zu besonderer Wichtigkeit gelangten Prinzipien, welche zum Theile durch die Chronometerstation der Seewarte ausgebildet worden sind, werden hier besprochen. Einen sechsten Theil nehmen Beschreibungen besonderer Mechanismen ein, die Uhren beigegeben werden. Diese sind natürlich mit astronomischen Werken nicht zu verbinden, weil jede Komplizirung der Uhr Störungen in ihren Gang hineinbringt, welche vermieden werden müssen, wo die gröfste Präzision erstrebt wird. Gerade dieser Theil wird dem Laien aber viele Anregung bieten. Der letzte Theil ist den elektrischen und pneumatischen Uhren gewidmet. Eine Beschreibung des Hippschen Chronoskops hätte den Umfang des Werkes zu sehr vermehrt; es wird in Beziehung auf dasselbe auf ein Buch desselben Verfassers hingewiesen. Dafs auch die Telephondrähte der Regulirung von Hausuhren dienen können, war wohl zur Zeit der Abfassung des Werkes noch nicht bekannt. Dasselbe sei hiermit allen Astronomen und Laien angelegentlichst empfohlen.

Sm.

R. Hornberger. Grundrifs der Meteorologie und Klimatologie, letztere mit besonderer Rücksicht auf Forst- und Landwirthe. Paul Parey. Berlin. 1891.

Das vorliegende Buch giebt auf dem verhältnifsmäfsig kleinen Raume von 230 Seiten einen Ueberblick über die gesamte Meteorologie und Klimatologie; es ist bestimmt „für alle diejenigen, welche — ohne Meteorologen von Fach werden zu wollen — in Kürze über die atmosphärischen Erscheinungen gemäfs dem gegenwärtigen Stand der Erkenntnifs und Anschauungen auf diesem Gebiete sich unterrichten wollen".

Der erste Theil, die Meteorologie im engeren Sinne umfassend, lehnt sich zum Theil an bewährte Lehrbücher an, insbesondere an Mohns Grundzüge der Meteorologie und an Kleins Witterungslehre. Der Verfasser hat sich jedoch bemüht, auch neueren Forschungen Rechnung zu tragen, und als ein Hauptvorzug des Buches ist die Vollständigkeit und gleichmäfsige Behandlung der verschiedenen Kapitel zu betonen. Einige Ungenauigkeiten und Unrichtigkeiten haben sich zwar eingeschlichen, sie sind aber von untergeordneter Bedeutung.

Der zweite Theil des Buches behandelt die Klimatologie, und zwar hauptsächlich das Klima in Bezug auf die Vegetation. Die hier gegebene kurze, zusammenfassende Darstellung der auf diesem Gebiete erlangten Resultate wird auch manchem Meteorologen willkommen sein. Von den einzelnen Abschnitten seien hervorgehoben: Der Einflufs der klimatischen Elemente auf die Pflanzenwelt, die klimatischen Einflüsse der Vegetationsdecken und die Wirkungen der verschiedenen klimatischen Modifikatoren, z. B. ungleiche Vertheilung von Wasser und Land, vorherrschende Winde, Lage, Höhe und Richtung der Gebirgszüge u. A. Den Schlufs des Buches bildet ein Abrifs einer Klimatographie von Deutschland, wobei die Eintheilung in Klimagebiete nach Lorenz und Rothe zu Grunde gelegt ist.

Die Anordnung des Stoffes ist als eine sehr praktische zu bezeichnen. Das Buch wird von Studirenden der Forstwissenschaft sicher viel benutzt werden, und es ist zu wünschen, dafs es auch bei denjenigen, welche sich nur gelegentlich mit meteorologischen Fragen beschäftigen, Verbreitung finden möge.

Sg.

Der Darwinismus, eine Darlegung der Lehre von der natürlichen Zuchtwahl und einiger ihrer Anwendungen von Alfred Russel Wallace. Autorisirte Uebersetzung von D. Brauns. Mit einer Karte und 37 Abbildungen. Braunschweig, Friedrich Vieweg & Sohn. 1891.

Seit dem Tode Darwins ist seine Lehre von der Entwickelung der Lebewelt durch seine Schüler bedeutsam erweitert und ausgebaut, zum Theil auch eingeschränkt und verändert worden. Es kann daher an sich als ein zeitgemäfses und verdienstliches Unternehmen bezeichnet werden, wenn jemand es unternimmt, den gegenwärtigen Zustand dieser weltbewegenden Theorie in einem übersichtlichen Bilde vorzuführen. Wallace, der von Darwin sehr geschätzte Mitentdecker der natürlichen Zuchtwahl, hat dies unternommen, und es mufs unumwunden zugestanden werden, dafs der vielgereiste Naturforscher, der einen seltenen Ueberblick der Thiere aller Zonen und ungewöhnlichen Scharfsinn für die Lösung mancher Naturräthsel bekundet, die Lesewelt mit einem ebenso reichhaltigen als lesenswerthen Buche beschenkt hat. Wallace verfügt über eine viel flüssigere Darstellungsform, als Darwin sie je besafs, und seine Kapitel über den Farbenreichthum des tropischen Lebens, und die gegenseitigen Beziehungen der Lebensformen zu einander, namentlich diejenigen über Schutz- und Trutzfarben, Mimikry u. s. w. sind ungemein lebendig und anschaulich geschrieben. Dagegen mufs der Titel „Darwinismus“ entschieden beanstandet werden, denn das Buch bekämpft die Lehren Darwins in mehreren wesentlichen Richtungen, namentlich in Betreff der geschlechtlichen Zuchtwahl und der unbedingten Einbeziehung des Menschen in die Natur. Darwin hat die Einwände seines Freundes Wallace gegen seine Theorie der geschlechtlichen Zuchtwahl und die Ausnahmestellung, die er für den Menschen beanspruchte, niemals anerkannt und die Mehrzahl der heute lebenden Darwinisten hat dies ebensowenig gethan; das Buch stellt daher nicht den Darwinismus, sondern den Wallacismus dar, wie selbst diejenigen anerkennen müssen, die etwa Wallaces Meinungen in den beregten, sehr wesentlichen Bestandtheilen der Darwinschen Theorie theilen sollten. Dasselbe gilt von manchen erst seit Darwins Tode aufgetauchten Neuerungen, namentlich von der Weismannschen Theorie, nach welcher von aufsen her eingeprägte Eigenschaften der Lebewesen nicht erblich sein sollen. Wallace schliefst sich dieser den bekannten Thatsachen sehr wenig entsprechenden Lehre unbedenklich an, während sich mit Sicherheit annehmen läfst, dafs Darwin dieselbe, ebenso wie die meisten seiner älteren und namhaftesten Mitarbeiter es thun, verworfen haben würde. Es ist hier nicht der Ort, diese Lehren an sich zu widerlegen oder den Verfasser zu bekämpfen, es soll nur auf das in keiner Weise zu rechtfertigende Verfahren hingewiesen werden, ein Lehrgebäude als Darwinismus zu bezeichnen, welches in einer Reihe von einschneidenden Grundfragen die Lehren Darwins auf das entschiedenste bekämpft. Wenn man sich erinnert, dafs die Mimikry einen Haupttheil dieses Buches, wie des früheren, in demselben Verlage erschienenen Buches „die Tropenwelt“ bildet, so wird man versucht, zu sagen, dafs der Verfasser eines der besten Beispiele für Mimikry übersehen hat, seine eigene Person, die unter der Maske Darwins einhergeht, und doch so verschieden wie möglich von demselben ist. Die Ausstattung ist dieselbe vortreffliche, wie in allen Werken dieses Verlages. Dr. Ernst Krause (Carus Sterne).

Verlag von Hermann Paetel in Berlin. — Druck von Wilhelm Gronau's Buchdruckerei in Berlin.
Für die Redaction verantwortlich: Dr. M. Wilhelm Meyer in Berlin.



Bolometer und Radiomikrometer.

Von Dr. J. **Maurer** in Zürich.

Auf dem grofsen Gebiete der strahlenden Wärme giebt es eine Reihe von Fragen, welche zu ihrer gründlichen Untersuchung der empfindlichsten thermometrischen Hilfsmittel bedürfen, wenn bei deren Studium neue Resultate und Thatsachen von bleibendem Werthe zu Tage gefördert werden sollen. Vielfach handelt es sich hierbei um die Messung oder Abwägung so geringer Wärmemengen, dafs für deren effektive Beobachtung selbst unsere feinsten Gas- und Flüssigkeitsthermometer keinesfalls mehr ausreichen, da sie weder empfindlich, noch rasch genug in ihren Angaben sind. Auch wird in manchen Fällen, so beispielsweise bei den fundamentalen Untersuchungen über die Vertheilung der Wärme oder Strahlungsenergie in den einzelnen Theilen des Spektrums irdischer und kosmischer Wärmequellen, bei der Messung der bezüglichen Wärmeschwingung weniger nach bestimmten thermometrischen Angaben oder nach absoluten Daten gefragt, welche die Stärke der Wärmestrahlung in Graden des hunderttheiligen Thermometers oder in dem bekannten Wärmemafse der Calorien*) ausdrücken, als vielmehr nach dem Verhältnifs der auffallenden Energiemengen zu einander, wie sie den verschiedenen Parthien des prismatischen oder Beugungsspektrums zukommen, und wobei eine beliebige relative Mafseinheit für die Darstellung der gemessenen Wärmemengen zu Grunde gelegt werden kann.

Seit Mellonis Zeiten ist zum Nachweis und zur relativen Messung solcher geringen Wärmewirkungen, beziehungsweise Wärme-

*) Eine Calorie repräsentirt hier diejenige Wärmemenge, welche nothwendig ist, um die Temperatur von 1 gr Wasser um 1 Grad Celsius zu erhöhen.

unterschiede, von den namhaftesten Physikern der Thermomultiplikator d. h. die allbekannte Kombination der Thermosäule mit dem Galvanometer, mit Vorliebe benutzt worden, und noch bis in die letzten Jahrzehnte hat dieses Instrument schätzbare Dienste geleistet, wo es sich darum handelte, die Wärmevertheilung im prismatischen Sonnenspektrum etwas genauer zu fixiren, als dies seit William Herschels berühmten Versuchen im Anfang dieses Jahrhunderts geschehen war.

Die neuere Physik hat uns mit der Anschauung vertraut gemacht, dafs jeder Körper, sobald nur dessen Temperatur über dem absoluten Nullpunkt (— 273° C.) liegt, stets eine bestimmte Menge „strahlender Energie“, Wellenbewegung des Aethers, emittirt, in welcher die Strahlungen aller Wellenlängen vertreten sind. Rührt diese Energie etwa von der direkten Sonnenstrahlung her, so sind wir gewohnt, dieselbe durch ihre Licht- oder Wärmewirkung zu messen, und wenn wir insbesondere die Strahlungen verschiedener Brechbarkeit oder Wellenlänge auf ihre thermische Wirkung im Einzelnen prüfen wollen, so benutzen wir dafür gewöhnlich die Zerstreuung oder Dispersion der zusammengesetzten Strahlung durch das Prisma, also das prismatische Spektrum. Aus den Elementen der Physik ist uns dann ferner die Thatsache geläufig, dafs, wenn wir die verschiedenen Theile eines solchen prismatischen Spektrums successive auf die recipirende Fläche der Thermosäule fallen lassen, die Magnetnadel des Galvanometers eine ganz verschiedene Ablenkung aus der Ruhelage zeigt, je nachdem die erstere von Strahlen des rothen, gelben oder blauen Lichtes beschienen wird. Das Maximum der Wärmewirkung liegt für die gewöhnlichen prismatischen Substanzen jenseits des dunkelsten Roth, während in der Zone jenseits des Violett, also bei den sog. ultravioletten Strahlen, sich keine Spur von Erwärmung mehr zeigt. Neuere Untersuchungen über die Wärmevertheilung im Sonnenspektrum mittels Flintglasprismen und Thermosäulen von nahezu linearen Dimensionen haben dann überdies das Resultat zu Tage gefördert, dafs in dem dunklen Theile des Spektrums in den Wärmestrahlen der Sonne auch gewisse Diskontinuitäten vorhanden sind, die als den Fraunhoferschen Linien entsprechende Lücken im prismatischen Bilde aufgefafst werden müssen. Allen ferneren experimentellen Arbeiten auf diesem Gebiete, welche die Herleitung weiterer Resultate von gröfserer Allgemeinheit bezweckten, stand nun aber der Umstand sehr hinderlich im Weg, dafs die Substanz, aus welcher das Prisma besteht, stets gewisse Wärmeschwingungen von bestimmter Wellenlänge absorbirt, daher die Lage des Maximums

im Refraktionsspektrum für die thermische (optische und chemische) Wirkung je nach dem Prismenmateriale stets andere und andere Stellen einnimmt. Gebraucht man ein Crownglasprisma, so hat das bezügliche Spektrum sein thermisches Maximum im Dunkelroth; bei dem Spektrum eines Flintglasprismas rückt dasselbe schon über das dunkelste Roth hinaus und bei Verwendung eines Prismas aus Steinsalz oder Sylvin finden wir das Wärmemaximum schon sehr tief in der ultrarothen Spektralregion. Bei Benutzung eines Beugungsgitters an Stelle des Prismas ließen sich diese Mißstände wohl umgehen; denn im Gitterspektrum, welches als das normale oder typische anzusehen ist, sind ja, wie bekannt, die einzelnen Spektralparthien lediglich nach den Unterschieden ihrer Wellenlängen angeordnet, also nach einem Merkmal, welches den Strahlen an und für sich eigen ist. Daher haben auch die Messungen an den durch Beugungsgitter erzeugten Spektren den großen Vorzug, daß sie sich direkt auf die Wellenlänge eines jeden einzelnen Strahles, mit anderen Worten auf homogene Strahlung beziehen.

Bereits der geniale Draper sprach es vor geraumer Zeit aus, daß bei dem durch ein Beugungsgitter erzeugten „Normalspektrum“ das Wärmemaximum im Orange sich befinden müsse. Diese Folgerungen für das Normalspektrum ließen sich aber durch kein in seinem Besitze befindliches Mittel experimentell bestätigen. Es war ihm auch mit den feinsten zu Gebote stehenden Thermoelementen unmöglich, merkbare Wärme beim Gitterspektrum zu erhalten, wenn er nicht alles, was in den beiden Hälften desselben lag, zusammenfaßte und auf die Thermosäule konzentrirte. Noch Anfangs der 80-er Jahre bemerkte Langley in einer ersten bahnbrechenden Mittheilung „Ueber die auswählende Absorption der Energie der Sonne“: „ . . . . Ich habe viele Jahre auf das Studium der strahlenden Wärme der Sonne mit der Thermosäule verwandt, und so konnte ich mich der Hoffnung hingeben, daß es mir bei der langjährigen Erfahrung mit den für dieses Instrument nöthigen Vorsichtsmaßregeln und im Besitze der empfindlichsten Apparate gelingen würde, bessere Resultate, als meine Vorgänger, zu erhalten. Gleichwohl fand ich, daß die erhaltenen Resultate zu unbestimmt waren, um einen besonderen Werth beanspruchen zu können, und daß die Wissenschaft keinen Apparat besaß, der so minime Mengen strahlender Wärme zu messen gestattete; denn die mittlere Wärme in dem Diffraktionsspektrum erreicht unter den günstigsten Umständen nicht einmal ein Zehntel derjenigen im prismatischen und ist gewöhnlich noch viel kleiner. Ich versuchte daher ein

empfindlicheres Instrument als die Thermosäule zu ersinnen, das zu gleicher Zeit ein wirklicher „Mefsapparat“ und nicht ein blofser „Anzeiger“ für das Vorhandensein einer schwachen Strahlung wäre und gelangte durch fast ein Jahr lang dauernde Versuche zu der Konstruktion des „Bolometers“ (von βολή-Strahl μέτρον-Mafs abgeleitet), eines Instrumentes, dessen erste Details in den „Proc. of the American Acad. of Arts and Science 16. 1881“ beschrieben sind“.

Das Bolometer,

welches in Langleys Hand bereits die glänzendsten Proben seiner ausgezeichneten Leistungsfähigkeit für Messungen der geringsten Mengen strahlender Wärme abgegeben, beruht dem Prinzipe nach auf einer schon Anfangs der 50-er Jahre von dem nordischen Phy-

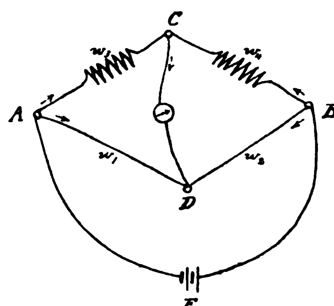


Fig. 1.

siker Svanberg angegebenen Methode, nämlich für die Beobachtung kleiner Wärmemengen die relativ grofse Veränderlichkeit des elektrischen Leitungswiderstandes der gewöhnlichen metallischen Leiter mit der Temperatur zu benutzen; sie möge durch nebenstehende Fig. 1 näher veranschaulicht werden: In die Stromleitung eines oder mehrerer galvanischen Elemente E werde ein System von vier Leitern geschaltet, denen die Leitungswiderstände w_1, w_2, w_3 und w_4 zukommen mögen. Der galvanische Strom theilt sich in den Knotenpunkten A und B und durchfliefst jeden der vier Leiter mit einer bestimmten Stärke. Legt man nun vom Punkte C nach D einen Verbindungsdraht, die sogenannte „Brücke“ — das Ganze ist in der elektrotechnischen Praxis unter dem Namen der „Wheatstoneschen Stromverzweigung“ bekannt — so wird auch diese von einem Theil- oder Zweigstrome durchflossen, dessen Intensität zufolge der Theorie der Stromverzweigung insbesondere abhängig ist von den Leitungswiderständen w_1, w_2, w_3 und w_4 in den Zweigen, zwischen denen die „Brücke“ ausgespannt wird. Es zeigt sich, dafs, wenn diese Widerstände einander das

„Gleichgewicht" halten, also die Proportion besteht $w_1 : w_2 = w_3 : w_4$, die Brücke dann „stromlos" wird, d. h. ein dort aufgestelltes, empfindliches Galvanometer zeigt keine Ablenkung, es steht die Nadel auf 0. Nun ist uns die Thatsache bekannt, dafs der galvanische Leitungswiderstand der gewöhnlichen metallischen Leiter von der Temperatur in der Weise abhängig ist, dafs mit steigender Temperatur die Leitungsfähigkeit abnimmt, d. h. die Strombahn dem Durchgang des Stromes einen gröfseren Widerstand entgegensetzt. Wird daher der eine der Stromleiter w_3 oder w_4 — beide können wir uns etwa aus gitterförmig aufgespannten, dünnen Blättchen oder feinen Drähten bestehend denken — von irgend einer Wärmequelle bestrahlt, so wird die Temperatur des bezüglichen Stromzweiges erhöht und in demselben der elektrische Leitungswiderstand demnach vermehrt, die Intensität des galvanischen Stromes in diesem Zweige daher vermindert und folglich jetzt das früher vorhandene Gleichgewicht in dem Brückendrahte C D gestört. Die Magnetnadel des in demselben angebrachten Galvanometers schlägt infolge dessen um einen der Intensität der Strahlung proportionalen Winkel aus ihrer vorigen Ruhelage aus, und die Gröfse dieser Ablenkung*) des Galvanometermagneten kann daher als ein relatives Mafs für die Stärke oder Energie der auffallenden, wirksamen Strahlung gelten.

Das hier angegebene Prinzip, das schon F. Svanberg zur Konstruktion seines empfindlichen „galvanischen Differentialthermometers" benutzte, hat nun durch Langley die weitgehendsten Verbesserungen und Vervollkommnungen erfahren, so dafs schliefslich ein Instrument von gröfster Vollendung zu stande kam, welches bei aller Empfindlichkeit auch zu wirklichen Messungen nach streng physikalischen Methoden sich eignete. Nach der in den oben erwähnten „Proceedings" gegebenen ersten ausführlichen Beschreibung besteht das eigentliche Bolometer aus zwei runden, dicht übereinander liegenden Ebonit- oder Hartgummirahmen, 3 Centimeter im Durchmesser haltend und an ihrer dicksten Stelle 3 mm dick, die in der Mitte eine rechteckige Oeffnung von 8 mm Breite und 19 mm Länge besitzen. Zwischen diesen sind gitterförmig in Rinnen (Fig. 2) 29 flachgeschlagene Eisendrahtstreifen von 0,5 mm Breite und 0,004 mm Dicke ausgespannt; 15 davon, welche in der mittleren Parthie der rechteckigen Oeffnung liegen, gehören dem einen Zweig (w_3) der Wheatstoneschen Stromverzweigung und

*) Die zudem noch abhängig ist von der Energie der verwendeten Elemente, von gewissen Constanten des Galvanometers und des ganzen Stromkreises.

die 14 übrigen, rechts und links davon befindlichen, dem andern Stromzweig (w_4) an; die ersten werden der zu messenden Strahlung exponirt. Um nämlich die Widerstandsänderung, durch welche ja die Gröſse des Ausschlages der Galvanometernadel bedingt ist, möglichst

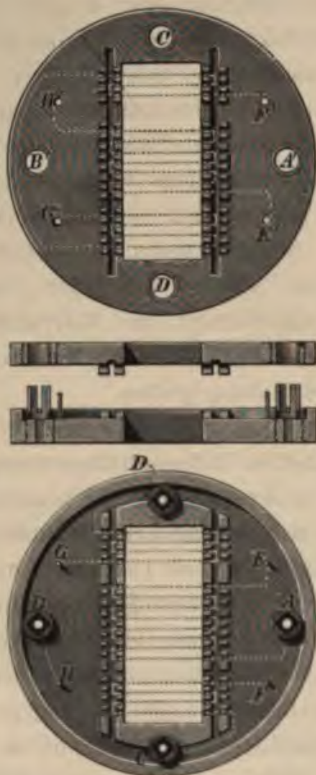


Fig. 2.



Fig. 3.

beträchtlich zu machen, ist es nothwendig, dem der Strahlung exponirten Theil der Zweigleitungen w_3 oder w_4 einen verhältniſsmäſsig groſsen elektrischen Leitungswiderstand zu geben, welcher gleichzeitig für eine gegebene Temperaturschwankung auch eine beträchtliche Widerstandsänderung erfahren muſs; diesen Bedingungen genügt aber am besten Eisen (auch Platin und Palladium) in dünnen, gitterartig verarbeiteten Blättchen oder Streifen, in welcher Form dann auch die

Aufnahme und Abgabe der Strahlungswärme wegen der geringen Masse sozusagen momentan stattfindet.

Die Anzahl und Gröfse der Gitterstreifen ist von Langley im Laufe der Zeit mannigfach variirt worden: bei einzelnen seiner späteren Untersuchungen bestand das Bolometer nur aus einem einzigen der Strahlung ausgesetzten vertikalen Streifen von Platin — $^1/_5$ mm dick, also nahezu linearer Dimension — der mit Lampenrufs bedeckt und genau centrisch in die Axe des Ebonitcylinders gestellt war.

Die höchst sinnreiche und praktische Montirung des Bolometergitters für die Beobachtung stellt uns Figur 3 dar: Um das Bolometer vor Luftströmungen, raschen Temperaturänderungen und sonstigen schädlichen Einflüssen beim Gebrauche zu schützen, ist dasselbe in einer mit Kupfer plattirten Büchse K eingeschlossen, vor welcher sich die 15 cm lange, cylindrische Röhre R aus nicht leitendem Material (Holz oder Ebonit) befindet. In der letzteren steckt eine zweite Röhre mit vier oder mehr centralen Blenden S aus Kartonpapier von 6 mm Oeffnung. Diese Karton-Diaphragmen sind durch Ebonitringe E von einander getrennt, so dafs das ganze Rohr in eine Anzahl separater Kammern getrennt wird, durch deren centrale Oeffnungen zwar die Strahlung ungehindert stattfinden kann, dagegen dem Eindringen bewegter Luft von aufsen her wirksam begegnet wird. Das die Radiation aufnehmende centrale Gitter des Bolometers B befindet sich daher in einem vollständig ruhigen Raum. An der Stirnseite der Röhre R ist ebenfalls noch ein drehbares Diaphragma angebracht, mittels dessen die zu prüfende Strahlung nach Belieben eingelassen oder abgehalten werden kann. Der ganze Raum hinter der Bolometerkammer ist mit einem nicht leitenden Material ausgefüllt, in welches die Leitungsdrähte d eingebettet sind, die zum Galvanometer führen. Die Leitungsdrähte endigen in Metallknöpfen p, mit denen die vier Enden des Bolometer-Doppelgitters durch Klemmschrauben (vergl. Fig. 3) verbunden sind. Nach hinten ist die Röhre des Bolometers nochmals um 15 cm verlängert und in dieser Verlängerung ein justirbarer Widerstand oder Rheostat plazirt, durch den die beiden Stromzweige w_3 und w_4 vor der Beobachtung ihrem Leitungswiderstande nach völlig gleich gemacht werden können.

Die Empfindlichkeit dieses Instrumentes schätzte Langley 5- bis 100 mal so grofs als die der empfindlichsten seiner Thermosäulen, indem noch sehr wohl Temperaturänderungen von $^1/_{100000}$ eines Centesimalgrades angezeigt wurden. Mit einem derartig sensiblen Radiometer, auf dessen sorgfältige Ausführung jahrelang die gröfste Mühe

verwendet wurde, konnte nun Langley mit Erfolg an die Lösung der ersten Hauptaufgabe herantreten, die Energie der schwachen, homogenen Wärmestrahlung in allen Theilen eines Gitterspektrums genau messend zu verfolgen, und zwar nicht nur im Ultraroth, sondern auch im äufsersten Violett. Zu dem Ende war folgende Anordnung getroffen: Die Strahlen der Sonne wurden von dem Spiegel eines Foucaultschen Heliostaten auf den Spalt S (Fig. 4) geworfen und fielen von da senkrecht auf das im Abstande von 5 Meter aufgestellte Rutherfurdsche Reflexions-Gitter G aus Spiegelmetall, das 681 Linien auf den Millimeter enthielt. Die von demselben reflektirten Strahlen sammelt ein Hohlspiegel M von ungefähr 1 Meter Hauptbrennweite und konzentrirt sie auf die Oeffnung des Bolometers B, wobei sie ein schmales Spektrum bilden, welches durch das Gehäuse des Apparates geht und auf den Draht des Bolometers fällt. Da dieser Draht sich längs des Spektrums parallel zu den Fraunhoferschen Linien im Gitterspektrum bewegt, so wird eine Coincidenz mit einer von diesen offenbar durch eine Temperaturerniedrigung und einen entsprechenden Ausschlag der Galvanometernadel angezeigt. Der Apparat ist daher in gleicher Weise für die unsichtbaren, wie für die sichtbaren Strahlen im Spektrum verwendbar. Das Bolometer (dessen konstante Stellung zum Hohlspiegel M eine derartige war, dafs die optische Axe des letzeren den Winkel zwischen seinem centralen Drahte und der Mittellinie des Gitters halbiert) wurde zugleich mit dem Hohlspiegel durch eine Tangentialschraube im Bogen bewegt, so dafs das ganze Spektrum nach und nach über seine Oberfläche hinwegzugehen schien; durch die Beobachtung der bezüglichen Ausschläge am Galvanometer konnte daher für jede einzelne Strahlung sofort ein relatives Mafs über ihre Stärke oder Energie erhalten werden. Die wirkliche Ablenkung eines der Beobachtung unterworfenen homogenen Strahles, aus welcher dann durch Rechnung die zugehörige Wellenlänge sich ergab, wurde an dem Theilkreise C abgelesen, über dem sich der Spiegel und der das Bolometer tragende Arm drehbar verschieben liefsen. Figur 5 zeigt uns die äufsere Disposition des ganzen, später noch vielfach verbesserten Apparates*) im Grundrifs (das Beugungsgitter ist hier durch das Flint-

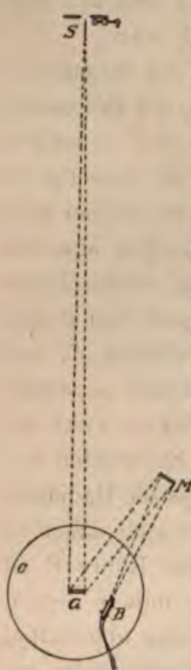


Fig. 4.

*) B Bolometer, L Collimatorröhre, durch welche die zu untersuchende

glasprisma P ersetzt); Langley gab ihm den Namen „Spektrobolometer". Das Instrument in dieser Form stellt eben nichts Anderes dar, als ein grofses Spektrometer, bei welchem das Beobachtungsfernrohr durch das Bolometer ersetzt ist.

Trägt man die längs des ganzen Spektrums successive gemessenen relativen Intensitäten, repräsentirt durch die Ausschläge der Galvanometernadel, als Ordinaten, die jeweils zugehörigen Wellenlängen aber als Abscissen auf, so ergeben sich Curven, welche uns in anschaulichster Weise die Vertheilung der Wärmeenergie im Sonnenspektrum vor Augen führen und eine Fülle wichtiger Resultate von theoretischer und praktischer Bedeutung zu Tage fördern.

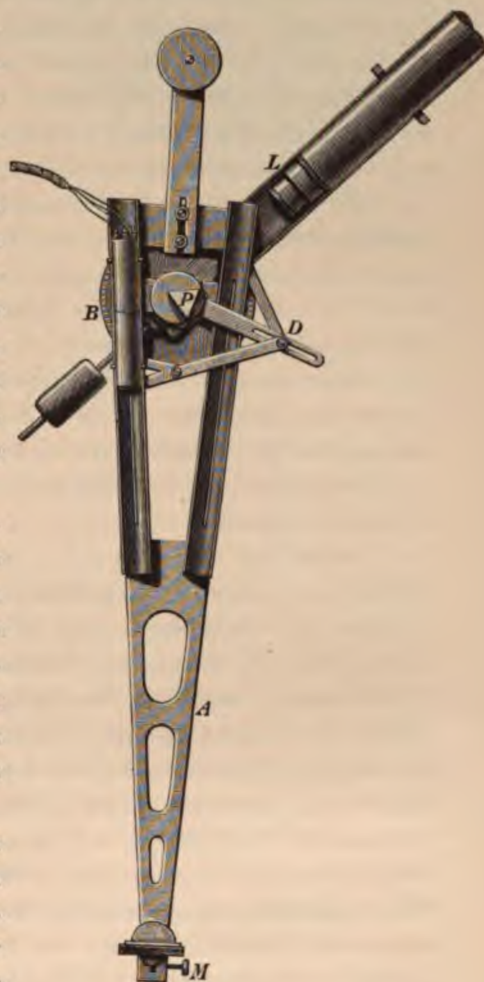


Fig. 5.

Von höchster und vielseitigster Bedeutung sind überhaupt alle die zahlreichen unvergleichlichen Arbeiten, die Langley im Laufe des letzten Jahrzehnts auf dem experimentellen Gebiete der Strahlung mit diesem Bolometer ausgeführt hat. Wir können hier nur kurz darauf eingehen.

Den ersten unzweideutigen Nachweis für mefsbare Wärme in einem fast linearen Theil des Beugungsspektrums, erhielt Langley mit dem Bolometer am 7. Oktober 1880. Die weitere, ausgedehnte Verwendung des Instrumentes findet dann ein Jahr später auf der berühmten Expedition nach dem Mount Whitney statt, deren ausgezeichnete Resultate Langley in dem klassischen Werke „Untersuchungen über die Sonnenwärme und ihre Absorption in der Erdatmosphäre" (Professional papers No. XV des Signal Service, Washington

Strahlung passirt; M Hohlspiegel, der die letztere als Spektrum in der Bolometerröhre konzentrirt.

1884) niedergelegt hat. In dieser Arbeit werden wir zum ersten Male mit der Vertheilung der Strahlungsenergie im normalen Sonnenspektrum bei ganz verschiedenen Sonnenständen bekannt; es zeigen die angestellten Messungen über die angenähert homogene Strahlung mittels des Beugungs- oder Diffraktionsgitters, dafs sich das mit der Sonnenhöhe variirende Wärmemaximum nicht im Ultraroth, sondern in der Nähe des Gelb findet, wie schon Draper vermuthete; überhaupt ergiebt sich die Curve der Wärmevertheilung nach den Messungen als annähernd übereinstimmend mit derjenigen des Lichtes.

Mit Hilfe dieser Curven und weiterer zahlreicher, sorgfältiger aktinometrischer Messungen der Sonnenwärme leitete dann Langley durch mühsame und langwierige Rechnungen einen ersten Näherungswerth ab über die Gröfse der Solarkonstanten d. h. derjenigen Wärmemenge, welche von der Sonne an der Grenze unserer Atmosphäre in der Minute senkrecht auf den Quadratcentimeter fällt und findet diese Gröfse zum mindesten gleich 3 Wärmeeinheiten; d. h. aufserhalb der Atmosphäre ist die Stärke der auffallenden Sonnenstrahlung im stande, die Temperatur eines Cubikcentimeters Wasser um wenigstens 3° Celsius zu erhöhen.

Auch über die für viele meteorologische Fragen so aufserordentlich wichtigen Absorptionsverhältnisse der einzelnen, homogenen Strahlen des Sonnenspektrums in der Atmosphäre sind wir eigentlich erst durch die Bolometerbeobachtungen in der zufriedenstellendsten Weise orientirt worden. Die bezüglichen Untersuchungen Langleys haben zur Evidenz gezeigt, dafs unsere Atmosphäre insbesondere die kurzwelligen Strahlen, also jene am blauen und ultravioletten Ende des Spektrums, absorbirt. Das Absorptionsverhältnifs nimmt dann mit wachsender Wellenlänge d. h. gegen das rothe und ultrarothe Ende hin kontinuirlich ab, ein ganz unerwartetes Resultat. Aufserhalb der Erdatmosphäre müfsten wir die Strahlung der Sonne daher sehr viel reicher an blauen und violetten Strahlen finden; ja Langley sagt geradezu, „nach unseren Messungen wird wahrscheinlich die Sonne für das Auge aufserhalb der Atmosphäre ohne unsere Luft eine entschieden bläuliche Färbung annehmen.“

Ein ferneres, höchst interessantes Ergebnifs der konsequent fortgeführten Messungen und Studien war, dafs ganz im ultrarothen, d. h. dunklen Theil des Wärmespektrums sich breite Streifen oder Absorptionsbanden vorfanden, in denen die Strahlung gänzlich ausgelöscht, also von den atmosphärischen Schichten vollständig absorbirt worden ist; es rührt dies von der auswählenden oder sogenannten „selektiven“

Absorption der Atmosphäre her, eine Eigenschaft von vitalster Bedeutung für die Erhaltung des Temperaturzustandes unserer Erdoberfläche. Denn indem die Atmosphäre für grofse Parthien der dunkeln Wärmestrahlung, also Strahlung von der Art, wie sie die Erdoberfläche aussendet, hemmend wie ein Schirm auf deren Durchgang wirkt, bewahrt sie die Erde vor stärkeren Wärmeverlusten. „... Die Temperatur unseres Planeten und mit ihr die Existenz nicht nur des Menschen, sondern auch des gesamten organischen Lebens, — durfte daher Langley mit Recht sagen — scheinen im Lichte der durch die Expedition nach dem Mt. Whitney erzielten Schlüsse weit weniger von der direkten Sonnenwärme, als von der bis jetzt zu wenig gekannten Eigenschaft der auswählenden Absorption in unserer Atmosphäre, die wir unserer Untersuchung unterworfen haben, abzuhängen...."

Dieser bewunderungswürdigen Arbeit folgten dann rasch die merkwürdigen Studien über die Temperatur der Mondoberfläche,*) deren Ergebnisse ebenfalls wieder in überzeugendster Weise die aufserordentliche Bedeutung der Lufthülle der Erde für deren Wärmezustand an ihrer Oberfläche darthun. Mit seinen immer mehr vervollkommneten bolometrischen Hülfsmitteln zur genauen Messung der ungemein schwachen (homogenen) Wärmestrahlung von Körpern niederer Temperatur durfte Langley schliefsen, dafs die Mondstrahlung wohl nur von einem Körper herkommen kann, dessen mittlere Oberflächentemperatur in nächster Nähe des Gefrierpunktes liegt.

Weiter erwähnen wir die bedeutungsvolle Arbeit „Ueber bisher unbekannte Wellenlängen," (American Journal of Science, Vol. XXXII, 1886) in welcher Langley mit Hülfe des Bolometers selbst die Wellenlänge der vom Eise ausgesandten „Wärme"-Strahlung mifst und für die gröfste durch das Bolometer noch angezeigte Wellenlänge der Strahlung von irgend welcher Wärmequelle den Werth $^3/_{100}$ mm findet, womit zum ersten Male die grofse Kluft zwischen der kürzesten Schallwelle (14 mm) und der längsten bisher bekannten Aetherwelle befriedigend überbrückt war. Den ersten Abschlufs gewissermafsen aller dieser ebenso ausgezeichneten wie mühevollen experimentellen Studien bildet eine der letzten grofsartigen Untersuchungen „Ueber das unsichtbare Spektrum der Sonne und des Mondes" (Philosophical Magazine, 1888. Ser. 5, Vol. XXVI), welche, wie alle andern grofsen, durchschlagenden Forschungen Langleys mit ihren wesentlichen, eigenartigen Folgerungen wiederum unmittelbar auf den Boden der Meteorologie tritt. Spektrobolometrische

*) Memoirs of the National Academy of Sciences, Vol. III., part. I. 1884.

Messungen der subtilsten Art im dunkeln Wärmespektrum der Sonne und namentlich des Mondes liefsen ihn auch hier noch deutliche Anzeichen von Wärme selbst in Spektralgegenden finden, deren zugehörige Wellenlängen diejenigen des Infraroth um nahe das Zwanzigfache übertreffen.

So aufserordentlich vielseitig und imponirend nun die ausgezeichneten Resultate sind, welche wir dem Langleyschen Bolometer verdanken, so müssen wir doch auch noch der Verdienste eines andern Radiometers gedenken, das wegen seiner hohen Leistungsfähigkeit für Messungen minimaler Wärmemengen in letzter Zeit ebenfalls viel von sich reden gemacht hat, und das an Empfindlichkeit dem ersteren kaum etwas nachsteht. Es ist das von dem englischen Physiker C. V. Boys konstruirte

Radiomikrometer.

Während Langley für die Herstellung seines Instrumentes die Veränderlichkeit des elektrischen Widerstandes metallischer Leiter mit der Temperatur benutzte, kehrt Boys wieder zum Prinzip der thermo-elektrischen Ströme zurück. Wir wissen, dafs in zwei zu einem geschlossenen Kreise zusammengelötheten Metallstreifen, gewöhnlich Wismuth und Antimon, durch Erwärmung einer der Löthstellen ein elektrischer Strom entsteht und dafs aus der Stärke dieses thermo-elektrischen Stromes auf die Intensität der Erwärmung geschlossen werden kann. Um nun das seit Melloni zur Messung gewöhnlich benutzte Galvanometer ganz entbehrlich zu machen und die ohnehin schon wenig intensiven Thermoströme durch Leitung in den langen Galvanometerwindungen nicht noch mehr zu schwächen, hat Boys dem Radiomikrometer folgende sinnreiche Einrichtung gegeben: Nach den Vorlesungen über „Instruments for measuring radiant heat“ (Journal of the Society of arts, London 1889), besteht das Instrument der Hauptsache nach aus einem Rahmen oder Kreise von zwei sehr schmalen thermo-elektrisch differenten Metallstreifen, Wismuth Bi und Antimon Sb (Fig. 6), die mit ihren untern Enden an ein dünnes Kupferscheibchen Cu von geringster Masse angelöthet sind, während die oberen beiden Enden ein ∩-gekrümmter Kupferdraht C metallisch mit einander verbindet, so dafs die Schliefsung des thermo-elektrischen Kreises bewerkstelligt ist. Dieser Rahmen schwebt, an einem feinen Quarzfaden aufgehängt, zwischen den Polen NS eines kräftigen Magneten und ist mit einem leichten Ablesungsspiegelchen s versehen. Wenn dann ein Wärmestrahl die untere, berufste Löthstelle Cu der beiden Metalle

trifft und erwärmt, so tritt der in dem System jetzt durch die einseitige Bestrahlung entstehende thermo-elektrische Strom und das starke magnetische Feld nach den Prinzipien der Elektrodynamik in eine bestimmte Wechselwirkung, wodurch der Rahmen eine der auftreffenden strahlenden Energie proportionale Ablenkung erfährt; diese durch den Spiegel gemessene Drehung giebt daher ein relatives Mafs für die Stärke der Strahlung. Nach Boys Mittheilungen ist diesem Apparate eine ungewöhnlich hohe Empfindlichkeit eigen, indem die kleinste Bewegung, die noch ganz gut wahrgenommen werden kann, einer Temperatursteigerung von ungefähr einem Zweimilliontel eines Celsiusgrades entspricht.

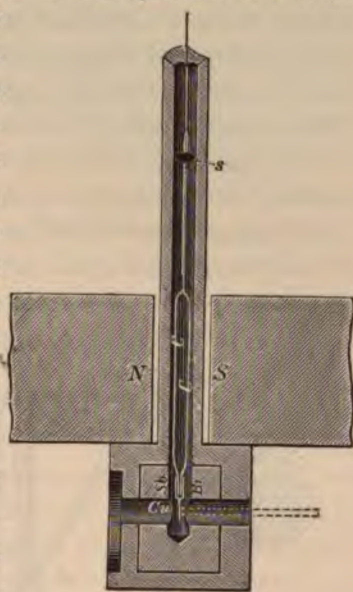


Fig. 6.

In neuester Zeit hat Boys eine sehr interessante und viel versprechende Anwendung dieses Radiometers gemacht, indem er versuchte, mit demselben die Wärmestrahlung des Mondes und namentlich der Sterne zu messen; eine bezügliche ausführliche Arbeit darüber findet sich im XLVII. Bande der „Proceedings of the Royal Society“ (S. 480).*)

„Seit den ersten messenden Versuchen von Huggins und Stone über die Gröfse der „Sternenwärme“ oder Wärmestrahlung einzelner Fixsternobjekte an sich mögen bald zwei Jahrzehnte verstrichen sein. Aus Stones Bestimmungen, ausgeführt am grofsen Greenwicher Refraktor mit Hilfe von Thermosäule und Galvanometer, ging damals das frappante, seit jener Zeit so oft zitirte Resultat hervor, dafs der in einer Höhe von 25° über dem Horizonte stehende Arctur uns aus den Tiefen des Weltraums ebenso viel Wärme zustrahlen sollte, wie ein mit siedendem Wasser gefüllter Würfel von 76 mm Kantenlänge aus einer Entfernung von 366 Meter, was ungefähr einer Temperaturerhöhung von $^1/_{90}{}^0$ Celsius entsprechen würde; auch Huggins erhielt an seinem Instrumente von einigen Sternen Spuren der Radiation, für die viel stärkere Mondstrahlung jedoch blieb der Apparat merkwürdigerweise ganz unempfindlich. So wie die Verhältnisse nun lagen,

*) Vergl. unsere Mittheilung darüber in der Zeitschrift für Instrumentenkunde, XI. Jahrg. 1891, der wir in Nachstehendem folgen.

konnte daher wohl mit Erfolg darauf gerechnet werden, dafs mittels des von Boys konstruirten, zur Beobachtung der minimalsten Energiemengen besonders geeigneten Radiomikrometers in dieser Frage ein entscheidendes, befriedigendes Ergebnifs herbeigeführt und die von den vorgängigen Beobachtern wahrgenommene Radiation der Sterne einer sicheren Messung zugänglich gemacht werden dürfte. Das neue Thermometer übertrifft ja nicht nur an Empfindlichkeit und Sicherheit der Angaben die frühere Thermosäule um ein ganz Bedeutendes, sondern es ist dasselbe auch vollkommen unabhängig von störenden Einwirkungen seitens des äufseren Magnetismus und bedarf auch gar keiner galvanometrischer Hilfsapparate."

Wir geben im Nachstehenden eine kurze Darstellung des von Boys für die Messung der Sternen- und Mondwärme konstruirten Apparates, des sogenannten „Stellaraktinometers" und der mit demselben erhaltenen Resultate, insoweit sie die untersuchte Strahlung der Sterne betreffen.

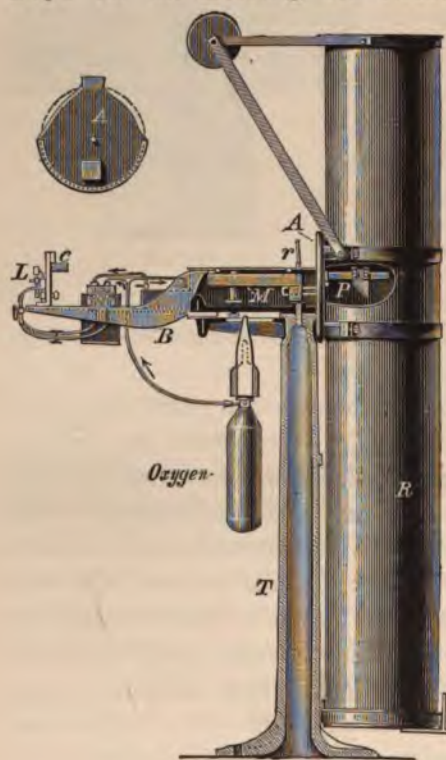


Fig. 7.

„Da der radiomikrometrische Theil nicht, wie beim Bolometer oder der gewöhnlichen Thermosäule, in jede beliebige, die Strahlung auffangende Position gebracht werden kann, sondern stets wegen der Aufhängung des thermoelektrischen Kreises in frei schwebender vertikaler Lage verbleiben mufs, so war für die Montirung des Apparates eine ziemlich komplizirte Einrichtung nothwendig; Figur 7 giebt uns eine Darstellung der konstruktiven Anordnung. Die zu untersuchende Strahlung, herrührend von einem bestimmt fixirten Objekte der Himmelsfläche, fällt vorerst auf einen Reflektor (versilberten Glasspiegel) von nahe 41 cm Apertur und 172 cm Brennweite, der im unteren Theil des Teleskoprohres R, aus Stahl, gelagert ist. Das Rohr wird von einer massiven, zentrisch durchbohrten und in vertikaler Ebene dreh-

bar an dem Stativ T aufgesetzten Metallscheibe A getragen, an deren Rückseite dann (an einem starken, horizontalen gufseisernen Hohlarme B) das Radiomikrometer r mit seinen Hilfsapparaten (Beleuchtungslampe L und Skale c) angebracht ist. Das Radiomikrometer selbst ist mit seinen empfindlichen Theilen und dem schweren Magneten M ganz im Innern des soliden, gufseisernen Seitenarmes, möglichst nahe der Drehscheibe gelagert; aus letzterem ragt nur die schmale, vertikale Glasröhre heraus, welche die Aufhängevorrichtung sammt dem kleinen Beobachtungsspiegel für den thermoelektrischen Kreis trägt. Auf diese Weise ist die möglichste Sorgfalt getroffen, die empfindliche scheibenförmige Löthstelle des Mikrometers der äufseren fremden und schädlichen Strahlung ganz zu entziehen und nur die von dem Reflektor gesammelte Sternenstrahlung zu ihr gelangen zu lassen, letzteres mit Hilfe eines kleinen, zur Teleskopaxe geneigten Planspiegels P, welcher die Strahlen noch vor der Vereinigung auffängt, und sie seitlich durch eine zentrisch gebohrte, enge und horizontale Oeffnung in der Tragscheibe der im Reflektorfokus placirten recipirenden Fläche des Radiomikrometers zuschickt. Um die empfindliche Löthstelle des letzteren auch noch vor allfälligen, in dem weiten Teleskoprohre zirkulirenden Luftströmungen zu schützen, ist derselbe schon oben erwähnte Kunstgriff angewendet, den Langley bei der Konstruktion seines Bolometers mit Vortheil benutzte. Es befindet sich vor der horizontalen Admissionsöffnung eine Reihe cirkularer Diaphragmen von stetig abnehmendem Durchmesser, welche jede schädliche Beeinflussung von Seiten der äusferen, mehr oder minder bewegten Luft im Rohre auf die innere, die Strahlung empfangende Fläche vollständig verhindern, so dafs die letztere daher in einem vollständig ruhigen Raum aufgehängt ist. Die infolge der Einwirkung des fixirten strahlenden Objektes auf die sensitive Löthstelle eintretende Ablenkung des thermoelektrischen Kreises aus der Ruhelage projizirt sich unter Verwendung einer Plankonvexlinse, sowie einer geschickt angebrachten Aether-Oxygen-Kalklichtlampe, sehr scharf auf die am rückwärtigen Ende des horizontalen Tragarmes befestigte Scale c und mittels eines kleinen Hilfsfernrohres lassen sich ohne Mühe noch die Zehntel des Millimeters auf letzterer schätzen. Ein in dem Metallblocke unter dem Magneten befindliches, total reflektirendes Prisma mit schwach vergröfserndem Okulare gestattet endlich auch noch die Möglichkeit der direkten Beobachtung, ob der betreffende Stern oder Theil der Mondscheibe auch wirklich die empfindliche Löthstelle treffe. Ein Aequatorialstern brauchte nach Angabe von C. V. Boys immer noch ungefähr 20 Sekunden, um die

empfindliche Fläche zu passiren, während bereits 5 Sekunden genügten, um von irgend einer schwachen Wärmequelle die entsprechende Ablenkung zu erhalten. Ergab sich daher während der Zeit eines Durchganges keine sichtbare Deflektion von ein bis zwei Zehntel-Millimeter, so durfte auch mit Sicherheit geschlossen werden, dafs die empfangene, minimale Wärmemenge nicht hinreichte, eine solche zu erzeugen. Mit diesem Stellaraktinometer wurden nun seit September 1888 (auf dem Lande, in einem frei gelegenen Garten, Meereshöhe ungefähr 120 m) eine Reihe von Beobachtungen über die Wärmestrahlung an Planeten (Saturn, Jupiter, Mars und Venus), Fixsternen erster und zweiter Gröfse (Aldebaran, Arktur, Capella, Vega, Atair, α Cygni u. s. f.) und der Mondscheibe bei verschiedenen Phasen ausgeführt, worüber der obige Bericht*) ausführliche Mittheilungen enthält. Als Hauptresultat ergiebt sich daraus, dafs trotz der aufserordentlich hohen Empfindlichkeit des Instrumentes — eine minimale Wärmemenge, welche ungefähr den $^1/_{150000}$ Betrag der von der Vollmondscheibe ausgesandten erreichte, würde noch eine Ablenkung hervorrufen, die an dem Aktinometer sicher zu beobachten gewesen wäre — keine Spur einer vorhandenen Sternenstrahlung entdeckt werden konnte, namentlich auch nicht bei Arkturus, der nach den Messungen Stones doch zu den schönsten Hoffnungen berechtigte. „Ich denke, sagt C. V. Boys am Schlusse seiner Arbeit, meine Beobachtungen zeigen, dafs die Wärmestrahlung des Arkturus bis jetzt noch nicht beobachtet worden ist (es sei denn, dafs der Refraktor irgend welche geheimnifsvolle Kraft besitzt, die dem Reflektor abgeht), und ganz der nämliche Schlufs darf auch in Beziehung auf die anderen Sterne gezogen werden. Ich habe allerdings noch keineswegs erreicht, was ich für die praktische Grenze der Empfindlichkeit meines Radiomikrometers halte und es ist möglich, dafs ich mit einem empfindlicheren Instrumente oder stärkeren Teleskopspiegel noch im stande sein werde, einen bestimmten und wirklichen Strahlungseffekt (herrührend von der Sternenwärme) zu beobachten."

Wir haben uns seiner Zeit in einer bezüglichen Mittheilung („Zur Frage der Sternenstrahlung", Januarheft d. Meteorol. Zeitschrift, 1890)**) zu der Ansicht bekannt, dafs diejenige Wärmemenge, welche uns aus dem interplanetaren Raume vermöge der Radiation von Körpern hoher und niedriger Temperatur, unter Ausschlufs der Sonne und des Mondes, zugestrahlt wird, jedenfalls und namentlich im Vergleich zur Sonnenwärme als vollständig belanglos, ja verschwindend klein anzusehen

*) Ebenda S. 496. **) Vgl. auch Himmel und Erde II. S. 382.

ist und dafs namentlich an eine direkte, sichere Beobachtung einer so kleinen Gröfse (kaum oder) gar nicht gedacht werden darf. Die Boysschen Versuche einer Messung der Sternenwärme können uns neuerdings in dieser Ansicht nur bestärken, und selbst wenn es ihm auch vielleicht in der Folge mit noch gröfseren Reflektoren und empfindlicheren Instrumenten gelingen sollte, eine schwache Spur einer wirksamen Sternenstrahlung wahrnehmbar zu machen, so würde diese doch nicht im stande sein, an den dort von uns gegebenen Deduktionen irgend wie etwas Wesentliches zu ändern.

Der Zukunft und der Beharrlichkeit späterer Beobachter mufs es also überlassen bleiben, zur Entscheidung dieser Frage nach der Sternenstrahlung noch weiteres, zuverlässiges Beobachtungsmaterial beizubringen. Wenn dereinstens mit Hilfe von Bolomometer oder Radiomikrometer dann die Richtigkeit der viel umstrittenen Behauptung sicher verbürgt sein wird, dafs „wir wirklich strahlende Wärme von den Fixsternen erhalten, die, unermefsliche Räume durchzitternd, von der eisigen Kälte des Weltraumes nicht verschlungen werden konnte (M. W. Meyer)“, so zweifeln auch wir nicht mehr daran, dafs dieser Nachweis in seinen Consequenzen uns eine ergiebige Quelle für neue, ungeahnte Einblicke in die Natur der Fixsternwelt zu eröffnen im stande sein wird.





Der hohe Sonnblick.

Von Dr. **Heinrich Samter** in Berlin.

(Fortsetzung.)

Kann es wohl eine praktischere Frage für den Vergnügungsreisenden geben, wie die: wann werde ich wohl die beste Aussicht von den Gipfeln der Alpen genieſsen können? Muſs ich früh aufstehen oder genügt es, Mittags aufzubrechen, wenn ich nicht die Wahrscheinlichkeit, in dichten Nebel zu gerathen, vor mir haben soll? Mache ich meine Reise zur heiſsen Sommerszeit oder verschiebe ich sie lieber auf den Herbst? Der Sonnblick hat auch auf diese Frage die Antwort ertheilt, und das konnte er mit Hülfe des Sonnenscheinautographen, der ihm Dauer und Zeit des Sonnenscheins an den einzelnen Tagen einfach aufschreibt. Da findet sich freilich eine Zeit als die günstigste, die — wenn nicht wissenschaftlicher Zwecke halber — wohl schwerlich jemand zur Reise ins Hochgebirge benutzen wird. Im Winter von 11 bis 12 Uhr darf man nämlich jeden zweiten Tag auf eine volle Stunde Sonnenschein hoffen, während im Frühling nur jeder dritte Tag so glücklich daran ist. Im Sommer, der Hauptreisezeit, ist es gut, die Stunde von 7 bis 8 Uhr Morgens oben zuzubringen, denn in dieser und auch noch in der nächsten Stunde zeigt sich die Sonne am häufigsten, während sie in den späteren Stunden viel lieber Versteck spielt. Wer im Herbst wandert, dem werden auch die späteren Vormittagsstunden noch gute Aussicht bieten. Jeder, der in den Bergen wanderte, hat es zu seinem Leidwesen erfahren, wie mit der steigenden Sonne Wolken in den Bergesgipfeln sich bilden; der Nachmittag läſst vom Thale aus selten die Gipfel erkennen. Aber die Sonnblick-Messungen belehren ihn, daſs das im Winter anders ist. Sehr verschieden ist überhaupt das Bild, das der Gang des Sonnenscheins dort oben im Vergleich mit der Ebene bietet: im Sommer pflegt es sich hier gerade in den Nachmittagsstunden aufzuklären; an den Bergen wird die gerade Nachmittags besonders



Der Sonnblick im Winter.

Nach einer Photographie des Beobachters Peter Lechner. Gezeichnet von H. Harder.

feuchte Luft aufsteigend ihren Wasserdampf, infolge der Abkühlung zu Wolken verdichtet, verlieren. Am schlechtesten bedacht mit Sonnenschein ist die „wunderschöne“ Maienzeit da droben, während der Beobachter im Winter wenigstens in der Sonne einen Gesellschafter hat, der ihn selten verläfst. Aehnliche Schlüsse gestatten auch die Aufzeichnungen über die Bewölkung; während dieselbe droben durchschnittlich denselben Werth wie in der Ebene besitzt, ist ihr jährlicher Gang ein wesentlich verschiedener. Der Herbst und der Winter sind recht wohl, der Frühling und besonders der Sommer gar schlecht mit heiterem Himmel bedacht, und Nebel giebt es auch gerade zur Reisezeit am meisten: in den drei Sommermonaten an 65 Tagen, im Winter nur an 28. Im ganzen ist auf dem Gipfel natürlich viel öfter Nebel als hier unten zu finden; im Jahre ist mehr als jeder zweite Tag ein nebliger. An jedem dritten Tage aber darf man auf der Sonnblickspitze Schnee erwarten. Regen fällt sehr selten, fast nur vom Juli bis September, und auch in diesen Monaten giebt es viel mehr festen als flüssigen Niederschlag.

Zwei Lieblingswinde hat der Sonnblick: Südwest und Nord; jener hat im Sommer, dieser im Winter die Oberhand sowohl in Häufigkeit, wie in Stärke; beide treten gern recht stürmisch auf. Das hängt mit der Vertheilung des Luftdrucks in dieser Höhe der Lufthülle zusammen, die sehr wesentlich von derjenigen, die unsere täglichen Isobarenkarten für die Erdoberfläche geben, abweichen mufs. Diese Karten für Sonnblickhöhe würden — wenn man sie aufstellen könnte — eine sehr wesentliche Hülfe für die Wetterprognose bilden; aber das ist für lange Zeit als unmöglich anzusehen. Sie würden uns auch die Seltenheit der Ost- und Südwinde in dieser Höhe erklären und ihr gänzliches Ausbleiben im Sommer entschuldigen. Da auch der Säntis und der Pikes Peak dieselbe auffallende Erscheinung zeigen, so darf man schliefsen, dafs in unserer Zone Ostwinde nur den Bewegungen der unteren Luftschichten eigen sind. Die Winde von Norden bis Osten bringen dem Sonnblick stets fürchterliche Kälte, und diese, mit dem Winde zusammen genommen, mufs den Aufenthalt dort oben für nicht stahlharte Naturen auf die Dauer unmöglich machen. Süd- und Westwinde bringen Wärme, Südost- und Südwinde sind die feuchtesten und machen Niederschläge wahrscheinlich, West- und Nordwinde sind die trockensten, die am seltensten Wolken mit sich bringen. Wir Bewohner des Flachlandes kennen den Westwind nur zu gut als den feuchtbeschwingten, und jene interessante Thatsache harrt auch noch der Aufklärung.

Auch auf die Erscheinung des Föhn werfen die Beobachtungen dort oben recht schöne Streiflichter. Dafs der Föhn ein trockener und warmer Wind ist, der in Alpenthälern auftritt, weifs jeder; aber auf die Frage, woher er denn komme, hätte man vor fünfzig Jahren sicher die Antwort gehört, dafs er ein Kind der Sahara sei und, auf der Wanderung gen Norden begriffen, Schweizer Thälern gern einen Besuch abstatte. Erst die mechanische Wärmetheorie, eine Wissenschaft, welche nur das neunzehnte Jahrhundert hervorbringen konnte, gab den richtigen Aufschlufs. Werden feuchte Winde an Bergabhängen emporgedrängt, so verlieren sie infolge ihrer Verdünnung und der damit verbundenen Abkühlung ihre Feuchtigkeit in der Form starker Regen- und Schneefälle; aber sie können sich nicht weiter abkühlen, weil eben jene Verdichtung des Wasserdampfes wieder Wärme hervorbringt; werden sie auf der anderen Seite ins Thal herabgedrängt, so müssen sie, durch den vermehrten Druck wieder verdichtet, weiter erwärmt werden und also Trockenheit und Wärme bringen.[6]) Die Beobachtungen vom Sonnblick zeigen, dafs solche Winde sowohl von Süden als von Norden kommen können, dafs ersteres aber häufiger eintritt. Auf dem Gipfel stürmt es dann aus der Südwestecke bei starkem Schneegestöber, die Temperatur ist normal oder sie sinkt; aber in der Rauris tritt dabei plötzlich eine ungewöhnliche Wärme und eine ausdörrende Trockenheit ein, und man kann deutlich das allmähliche Fortschreiten des Föhn von Kolm Saigurn nach Rauris beobachten, das noch kurz vorher innerhalb eines Kältesees gelegen, um 4° kälter als der Gipfel gewesen war. Bei Nordföhn zeigt sich eine ebenso auffallende Erwärmung und Trockenheit in dem südöstlich von den Tauern hinziehenden Malteiner Thal, während es im Pinzgau kalt ist, regnet und schneit und auf dem Sonnblick eisiger Nordwind weht. Das Malteiner Thal ist das einzige im Tauerngebiet, das Nordföhn aufweist, aber das liegt wohl am Fehlen der geeigneten Beobachtungsstationen im Süden dieses Gebirgszuges. Aufserordentliche Wetter-Erscheinungen bietet der Sonnblick noch in Menge, und sie haben schon öfter unsere Kenntnifs der Luftcirculation wesentlich erhellt. So trat z. B. am 17. November 1888 während eines Barometer-Maximums eine ganz abnorme Trockenheit ein, die schnell verging, wie sie gekommen war; die Wind- und Wetterlage läfst erkennen, dafs der Sonnblick an jenem Tage bereits in das Gebiet der oberen Winde hereinragt, die

[6]) Vergl. Himmel und Erde, Bd. II, S. 19.

— umgekehrt wie unten — Luft aus einer Depression einem Gebiete hohen Druckes zuführten, und dafs sie absteigend waren, liefs ihre Wärme und grofse Trockenheit erschliefsen. Somit ergiebt sich eine Andeutung zur Entscheidung eines noch immer nicht endgültig gelösten Dilemmas, ob in Gebieten niederen Druckes eine aufsteigende Luftbewegung herrsche, wie meistens ohne direkten Beweis angenommen wird, oder das Umgekehrte der Fall sei.

Zu den Fällen der gewöhnlichen meteorologischen Erscheinungen gesellen sich zunächst die farbenprächtigen, in der Ebene so ungewöhnlichen optischen Phänomene. Da oben sind auch diese weit monumentaler — glänzender und einfacher — in besserer Uebereinstimmung mit der theoretischen Begründung. Bei einem vierwöchentlichen Aufenthalt, den Herr Pernter im Februar 1888 auf der Sonnblickspitze nahm, waren es vor allem folgende auffallende Thatsachen, die er aufzeichnete. Wenn unterhalb der Sonnblickspitze Nebel lagert, „Nebelboden“ oder „Bodennebel“ wird er genannt, während oben klarer Sonnenschein herrscht, so zeigt sich auf der Fläche des Nebels, mit dreifachem, farbigem Glorienschein umgeben, der Schatten des Hauses, aber immer nur derjenige des Hauses, nie der des Beobachters. Der Mittelpunkt dieser schönen Erscheinung befindet sich stets im Auge des Beobachters, und doch erweckt sie immer die Täuschung, als ob der Schatten im Centrum jener „Regenbogen“ liege. Herrliche Sonnenringe mit mehreren Nebenringen bilden sich, wenn das Tagesgestirn noch nicht hoch gestiegen ist. Der Radius des Farbenringes beträgt bekanntlich 47 Sonnenbreiten, und die blendend weifsen Nebensonnen mit ihren farbigen Nachbarn liegen bereits unter dem Horizonte, mit ihrer Pracht die unten liegenden Schneefelder übergiefsend. Schnell entstehende und wieder vergehende Mondhöfe zeigen sich fast immer, wenn von dem Bodennebel kleine Fetzen sich losreifsen und in ihren Eisnadeln das Licht des Mondes sich bricht. Das Zodiakallicht — hier unten meist so schwächlich und nur geübten Augen auffallend, ist auf Sonnblickhöhe eine gewöhnliche und sehr intensive Erscheinung, die auch der Beobachter in den laufenden Aufzeichnungen oft notirt.

Die kleinen Federwolken, die für die Wetterprognosen eine so hohe Bedeutung erlangt haben, sieht man dort, wo man ihrem Ursprunge so viel näher liegt, schon in weiter Ferne sich bilden und von ihrer Quelle — dem Mittelpunkte einer barometrischen Depression — nach allen Richtungen ausschwärmen, und sie ermöglichen eine sehr wahrscheinliche Vorhersage des Wetters.

Der Zweck, der Herrn Pernter hinaufgeführt hatte, war freilich das Studium anderer Erscheinungen. Im Monat Februar hatte er gehofft, besonders klares Wetter oben zu finden und dabei der Beantwortung folgender wichtiger Fragen näher zu kommen:

1. Woher kommt die blaue Farbe des Himmels?

2. Wie hoch berechnet sich die Temperatur des Weltenraumes aus der Gröfse der Ausstrahlung der Erdoberfläche gegen den Himmelsraum und derjenigen der Atmosphäre gegen die Erdoberfläche, wie sie die Beobachtungen in gröfserer Meereshöhe und bei der dünnen Luft ergeben?

3. Ist das Funkeln der Sterne ausschliefslich eine Erscheinung der oberen Luftschichten?

4. Weht der stürmische Wind dort oben auch stofsweise, und welche Wirkungen übt er auf das Barometer aus?

Nur die Antworten auf die drei letzten Fragen liefsen sich — soweit dem Verfasser bekannt geworden — bei dem Mangel längeren guten Wetters mit einiger Sicherheit ertheilen. Die zweite Frage soll später behandelt werden.

Das Funkeln der Sterne ist eine Folge von Bewegungen und schnellen Dichtigkeitsänderungen der Luftschichten. Eine solche mufs in einem Fernrohr eine Verschiebung des Bildes hervorbringen, und darauf beruht das Instrument, welches zur Beobachtung des Funkelns auf dem Sonnblick und zugleich in Rauris verwendet wurde — das Scintillometer. Man konnte darin den Betrag der Verschiebung des Bildes in Richtung der Fernrohrachse bestimmen, und es ergab sich, dafs sich derselbe in gröfserer Höhe auch wesentlich höher stellte. Das wird seinen Grund wohl in den starken auf- und abwärtsgehenden Luftbewegungen haben, die oben wohl mit gröfserer Geschwindigkeit als unten behaftet sind. Die interessante Frage, ob hohe Berge sich als Orte für Sternwarten eignen, läfst sich freilich damit nicht allgemein entscheiden. Denn einmal wurde die den Astronomen weit mehr interessirende seitliche Verschiebung des Fernrohrbildes nicht auf ihre Gröfse geprüft, und dann mag der Sonnblick allerdings bereits zu hoch und zu exponirt liegen, um jene ruhigen und klaren Sternbilder zu bieten, die in niedrigeren, aber dem Dunst der untersten Luftschichten bereits entrückten Höhen sich ergeben.

Bei dem schlechten Wetter, wie es fortwährend herrschte, war wenigstens Zeit und Gelegenheit vorhanden, die vierte Frage befriedigend zu lösen. Wir schicken voraus, dafs die höchsten Windgeschwindigkeiten, die man in jener Höhe beobachtet hat, keines-

wegs beträchtlicher sind, wie diejenigen der Ebene, z. B. die in Wien gemessenen. Aber der Wind bläst auch dort oben nicht gleichmäfsig mit vollen Backen, sondern ganz wie wir es gewöhnt sind; er setzt fortwährend auf kurze Zeit aus und beginnt gleich nachher, wie um seine Kraft zu sammeln, wieder mit einem kräftigen Stofse. Stets fällt dabei das Barometer, sobald der Wind nachläfst, um mehr als zwei Millimeter, und ein neuer Windstofs — desto heftiger, je tiefer das Barometer gefallen war — treibt es wiederum fast eben so viel in die Höhe, als es vorher gefallen war. Hiernach ist offenbar die Ansicht, die man früher über dieses „Pumpen" des Barometers aufgestellt hat, dafs nämlich heftiger Wind die Luft aufsauge und damit allein ein Fallen des Quecksilbers bewirke, von der Hand zu weisen. Die Sachlage ist die umgekehrte, und wir müssen die Ursache dieser Stöfse wohl in kleinen, rasch vorübergehenden Theildepressionen suchen, in welche sich das Hauptminimum auflöst.

Noch einer wissenschaftlichen Bestimmung, die Herr von Lorenz auf dem Sonnblickgipfel ausgeführt hat, will ich an dieser Stelle kurz gedenken; sie betraf den Kohlensäuregehalt der Luft und ergab einen um ein Viertel niedrigeren Betrag, als derselbe im Thale durchschnittlich gefunden wird. Dieses Resultat steht im Widerspruch mit älteren Bestimmungen von Saussure und Schlagintweit, die durch ein weniger genaues Verfahren oben einen bedeutend gröfseren Gehalt an Kohlensäure wie unten auffanden. Messen wir dem neuen Resultate Realität bei, so deutet es vielleicht darauf hin, dafs die Gesamtheit der Organismen des Erdbodens Kohlensäure in höherem Mafse ausscheidet, als sie in sich aufnimmt, und dafs demnach der Kohlensäuregehalt der Atmosphäre im Laufe der Zeit eine, wenn auch nur geringe Steigerung erfahren mufs.

III.

Der Einflufs der Sonnenstrahlung auf die Entwickelung alles irdischen Lebens ist zu offenbar, als dafs er nicht den ersten Menschen schon hätte in die Augen fallen müssen. Die ersten genauen Messungen dieser Strahlung aber sind nicht früher als in diesem Jahrhundert ausgeführt worden. Wir verdanken Pouillet die erste genaue Bestimmung der sogenannten Solarkonstante, d. h. derjenigen Wärmemenge, welche die Sonne in jeder Sekunde jedem Quadratmeter der Erdoberfläche zusendet. Seitdem haben Crova und Violle die Methode Pouillets verbessert und seine Schlüsse merklich abgeändert. Und neuerdings sind Langleys Beobachtungen mit dem Bolometer für die Frage nach den unserem Planeten zukommenden Strahlenmassen

epochemachend geworden. Man durfte sich dabei nicht genügen lassen, diese Messungen in der Ebene anzustellen. Denn es ist bewiesen, dafs die Atmosphäre einem guten Theil jener Strahlen, die uns von der Sonne zugesandt werden, den Zutritt zur Erdoberfläche wehrt und nur einen Bruchtheil herunter gelangen läfst. Sie verfährt aber dabei nicht gegen alle Strahlengattungen gleichmäfsig; die eine Strahlengattung läfst sie völlig ungehindert passiren, von anderen gelangt nicht die Spur in bewohnte Regionen des Erdballs. Dieses wählerische Verhalten der Lufthülle trägt aber in die Bestimmungen der Solarkonstante grofse Fehler hinein, da wir ja die Durchlässigkeit der Lufthülle nur für diejenigen Strahlen ergründen können, die uns wirklich erreichen, nicht für diejenigen, die unterwegs Schiffbruch erlitten haben. Offenbar werden aber die Fehler in diesen Messungen desto geringer werden, je höher man die Instrumente über dem Erdboden erhebt, und man wird gut thun, hohe Berge aufzusuchen, um die Solarkonstante mit gröfserer Sicherheit festzustellen. Man hat die verschiedenen Strahlenmesser auf Schweizer Gipfel, wie das Faulhorn, das Breithorn, ja auf den Montblanc getragen, und Langley hat lange Zeit auf dem Pikes Peak seine Bolometer-Messungen angestellt.

Auch der Sonnblick hat ähnlichen Untersuchungen gedient. Bei seinem Aufenthalte in der Wetterwarte im Februar 1888 hat Herr Pernter das Viollesche Aktinometer in einer etwas abgeänderten Form benutzt, um in klaren Nächten die Ausstrahlung einer berufsten Thermometerkugel gegen den kalten Weltraum festzustellen. Zu gleicher Zeit beobachtete Herr Trabert in Rauris; und die Vergleichung der beiderseitigen Messungen hat sehr interessante Ergebnisse geliefert. Zunächst gelang es, die Temperatur des Weltraums, in der Umgebung der Erde, genau festzustellen, d. h. jenen Wärmegrad zu ergründen, den dieselbe bei Abwesenheit der Sonnenstrahlen und der Atmosphäre annehmen würde. Diese Temperatur müfste infolge der von allen Sternen aufser der Sonne uns zukommenden Strahlen an der Grenze der Atmosphäre herrschen, wenn wir uns dieselbe mit einer rufsigen Hülle umgeben denken könnten, denn eine solche verschluckt alle ihr zukommenden Wärmestrahlen, wie sie sie umgekehrt mit derselben Leichtigkeit wieder abgiebt. Es wird vielfach vermuthet dafs diese Temperatur keineswegs der absolute Nullpunkt von — 273 ° C. ist, bei dem die Wärme aufhört; nach Pouillets Messungen soll sie bei — 142 ° liegen; die Beobachtungen auf dem Sonnblick und in Rauris ergaben eine noch höhere Zahl; absolut gleichzeitige Messungen oben und unten, die leider nur einmal angestellt wurden,

ergaben — 111⁰ und eine andere nicht ganz gleichzeitige Reihe — 140⁰. Danach käme uns aus dem Sternenraume noch immer eine recht beträchtliche Wärmemenge zu, eine Menge, die für sich allein genügen würde, unsere Erde — wenn sie der Lufthülle entbehrte — um mindestens 133⁰ zu erwärmen.[7]) Wie aber wirkt unsere Atmosphäre? Sie wirkt nach jenen Messungen genau wie ein berufster Körper, d. h. wenn man sie in ihrer ganzen Ausdehnung nimmt, so verschluckt sie alle Strahlen, die ihr von der Erdoberfläche zukommen, und so ward die Bemerkung von Langley,[8]) dafs kein Strahl, der von der Erde ausgeht, aus dem Luftkreise herauszudringen vermag, von neuem bestätigt. Das galt freilich nur für die Rauriser Messungen; vom Sonnblick, der nur noch eine verhältnifsmäfsig dünne Luftschicht über sich hat, dringt allerdings eine sehr beträchtliche Strahlenmenge in den kalten Weltraum hinaus. Solche Beobachtungen geben auch einen Anhalt für die mittlere Temperatur der Atmosphäre über dem Beobachtungsorte. Sie berechnete sich über Rauris auf — 50⁰ C. Weiter liefs sich berechnen, dafs die Erdoberfläche, falls die Sonne verschwinden würde, von ihrer jetzigen Mitteltemperatur, die man auf 15⁰ C. schätzen darf, bis auf — 88⁰ sich abkühlen würde. Und schliefslich ergab sich als Werth der Solarkonstante eine Zahl, die der Langleyschen ungefähr gleich, eher noch etwas höher war: die von der Sonne im Laufe eines Jahres ausgestrahlte Wärme müfste nach diesen Messungen genügen, um einen mindestens 45 m dicken Eishimmel in der Entfernung der Erde zu schmelzen.

Weiterhin sind auf dem Gipfel des Sonnblick Messungen über den Betrag einer besonderen Strahlengattung, des „ultravioletten Lichts" nach einem ganz neuen Prinzipe ausgeführt worden. Nach den Untersuchungen, die Herr Hallwachs, veranlafst durch die Wahrnehmung des Herrn Hertz, dafs elektrische Funken in merkwürdiger Weise durch Licht beeinflufst werden, ausgeführt hat, wird ein negativ elektrischer Körper durch Belichtung mit eben dieser Lichtart zur schnellen Abgabe seiner Ladung gezwungen. Solches Licht findet sich nun in hervorragendem Mafse auch unter denjenigen Strahlen, welche das Tagesgestirn uns zusendet, und es wird nach Langleys Beobachtungen gerade in den unteren Schichten der Lufthülle in hervorragendem Mafse verschluckt. Das mufste sich auch

[7]) Diese Folgerungen werden allerdings von Dr. Maurer energisch bekämpft. Vergl. Himmel und Erde, Bd. II, S. 382 und den vorliegenden Bd. IV, S. 212.

[8]) Himmel und Erde Bd. I. S. 124.

durch die elektrische Wirkung dieser Strahlen ergeben, und um diese zu studiren, haben sich die Herren Elster und Geitel im Juli 1890 eine Woche lang auf dem Sonnblick aufgehalten. Sie verfolgten freilich noch andere Ziele, die wir nachher in kurzem darlegen wollen. Als zu entladender Körper diente ihnen eine amalgamirte Zinkkugel. Dieser wurde eine bestimmte negative Elektrizitätsmenge mitgetheilt und die Zeit festgestellt, innerhalb welcher sich unter dem Einflusse des Sonnenlichtes deren Abgabe vollzieht. Diese Zeit erweist sich in Sonnblickhöhe bedeutend kürzer als unten, und hieraus ergiebt sich, dafs die Intensität der ultravioletten Strahlung oben ungefähr doppelt so grofs als in der Ebene ist. (Vgl. Fig. 1) War so die von Herrn Langley bereits festgestellte Thatsache noch einmal auf völlig verschiedenem Wege bestätigt, so hatte die Untersuchung der Herren Elster und Geitel noch einen anderen, selbstständigen Werth. Jene Entdeckung von Herrn Hallwachs hat nämlich — wohl zuerst — Herrn von Bezold[9]) die Bemerkung nahe gelegt, dafs — wenn das ultraviolette Licht der Sonne auf eine stärkere Zerstreuung negativer Elektrizität hinwirke — es wohl auch die Erdoberfläche ihrer negativen Ladung berauben müsse, die sie erfahrungsmäfsig bei wolkenlosem Himmel besitzt. Es schien daher möglich, dafs die tägliche und jährliche Periode des elektrischen Zustandes der Atmosphäre auf den Wechsel der Sonnenstrahlung zurückzuführen wäre. Auch war Herr Arrhenius,[10]) zum Theil auf Grund eigener Untersuchungen, zu einer ähnlichen Vorstellung gelangt und hatte eine Theorie der atmosphärischen Elektrizität auf der Grundlage aufgebaut, dafs die Leitungsfähigkeit der Luft für Elektrizität durch die Bestrahlung mit ultraviolettem Lichte zunehmen müsse. Indessen war hiermit die Wirkung des Lichtes nicht völlig correct aufgefafst: nicht die durchleuchtete Luftmasse wird leitend, sondern einzig der Uebergang der negativen Elektrizität von einem Leiter in die umgebende Luft wird durch die Bestrahlung mit ultraviolettem Lichte befördert. Hierbei spielt aber die Natur dieses Lichtes eine wesentliche Rolle, und es war daher nothwendig, wenn

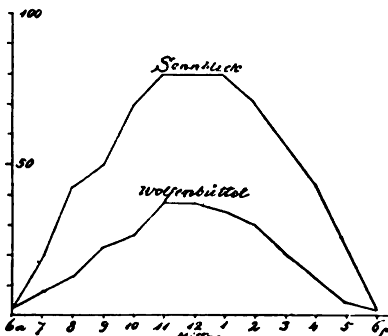


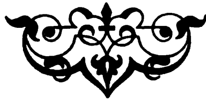
Fig. 1.

[9]) Himmel und Erde Bd. I. S. 58.

[10]) Vgl. Sohncke in Himmel und Erde Bd. I. S. 451 f.

anders ein elektrischer Einflufs der Sonnenstrahlen auf die Erde angenommen werden sollte, zu zeigen, dafs solche Körper, die hauptsächlich Bestandtheile der Erdoberfläche bilden, durch das Sonnenlicht ihre negativ elektrische Ladung abzugeben gezwungen werden Bisher war dies nämlich nur für einige metallische Körper geglückt. Dieser Nachweis mufs wegen der Absorption des Ultraviolett in der Atmosphäre auf hohen Bergen leichter gelingen, als in der Ebene. Aber die Versuche, welche die genannten Herren auf dem Sonnblick mit verschiedenen Gesteinen und mit Schnee anstellten, führten nur zu ungewissen Resultaten. Es gelang ihnen nicht mit Sicherheit, den bekannten Körpern neue hinzuzufügen, und sie ziehen aus ihren Versuchen nur den Schlufs, dafs die lichtelektrische Entladung bei diesen Körpern mindestens hundert mal geringer ist, als sie sich für jene Metallflächen ergeben hat, und knüpften die Aufforderung daran, die Versuche mit verfeinerten Methoden, und zwar am besten an Orten von grofser Meereshöhe, zu wiederholen. Neuerdings ist es ihnen mittelst eines empfindlicheren Verfahrens gelungen, selbst im Tieflande die entladende Wirkung des Sonnenlichtes auf manche Mineralien nachzuweisen.

(Schlufs folgt.)





Geringere Temperaturzunahme unter Gebirgen als Beweis für sog. „Bergwurzeln" und „Massendefekte".

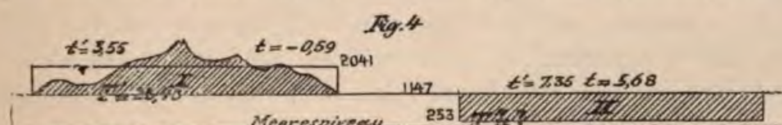
Von F. M. Stapff.

(Fortsetzung.)

In früheren Arbeiten über die Wärmeverhältnisse im Gotthard (Verzeichnifs in „Fortschritte der Physik" XXXIX. 3. Abth. p. 707) hatte ich die Ansicht ausgesprochen, dafs die relative Kühle in seinem Inneren (und der daraus folgende niedrige Wärmezunahme-Coefficient) auch von der grofsen Abkühlungsfläche des in die kalte Luft ragenden Gebirges bedingt sei; eine Ansicht, welche der verstorbene Professor Mousson theilte (Brief desselben an den Verfasser). Rev. Fisher tritt derselben entgegen (l. c. p. 153 f.), weil der Längen-Unterschied zwischen Tunnellinie (A) und der darüber gespannten Profillinie (S), welche je ein Mafs für die ebene horizontale Abkühlungsfläche (bei Nichtvorhandensein des Berges) und für die durch die Bergcontour bedingte ausdrücken, gar zu geringfügig sei. Dabei vergleicht Fisher die Länge eines über den Tunnel gespannten Kreisbogens mit der Tunnellänge und findet $\frac{A}{S} = 0{,}996$, woraus ein entsprechender kleiner Unterschied zwischen dem Wärmezunahme-Coefficienten im Gebirge und jenem unter einer Ebene nebenan folgen würde. Aus Versehen hat aber Rev. Fisher als Pfeilhöhe seines Kreisbogens, d. i. als Maximalerhebung des Gebirges über dem Tunnel, 1127 m (d. i. Mittelhöhe der Portale zu Göschenen = 1109 m und zu Airolo = 1145 m) in Rechnung geführt, anstatt der wirklichen von 1705 m. Mit dieser wahren Pfeilhöhe wird zwar $\frac{A}{S} = 0{,}965$; aber auch dies Verhältnifs kann noch nicht genügen, weil die Profillinie eben kein Kreisbogen ist, sondern eine vielfach gebrochene Linie.

Ich habe dieselbe auf dem Profil in 1 : 25000 mit 100 m Zirkelöffnung abgemessen und das Verhältnifs $\frac{A}{S} = 0{,}879$ gefunden; auf dem Originalprofil 1 : 1000 mit 10 m Zirkelöffnung abgegriffen ergab sich aber $\frac{A}{S} = 0{,}8616$. Wenn man auch nicht annehmen darf, dafs jeder oberflächliche Höcker oder Graben eine erhebliche und tief greifende Steigerung der Abkühlung hervorbringt, so fördern anderseits freie Bergflanken seitlich von der Profillinie gleichfalls die Abkühlung; und da solche in der Proportion $\frac{A}{S} = 0{,}8616$ nicht zum Ausdruck kommen, so dürfte letztere eher noch zu grofs als zu klein sein.

Die Abkühlung, d. i. der Wärmeverlust eines Körpers in gewisser Zeit, kann durch Ausstrahlung und Fortleitung erfolgen, und ist jedenfalls der Abkühlungsfläche (F) proportional; sie nimmt mit der Differenz der Temperatur des Körpers (t') und der Umgebung (t) zu, aber nicht in gerader Proportion, sondern bei Abkühlung durch Strahlung im Verhältnifs $\mu_{I} \cdot 1{,}0077^{t} \, (1{,}0077^{t'-t} - 1) \cdot F$, wobei μ_{I} einen von der Natur der Abkühlungsfläche abhängigen Ausflufscoefficienten bezeichnet. Die Abkühlung durch Fortleitung erfolgt nach dem Gesetz $\mu_{II} \, (t' - t)^{1{,}233} \cdot F_{I}$, wenn μ_{II} einen von der



Form des abkühlenden Körpers abhängigen Ausflufscoefficienten bedeutet.[1]) Obwohl in unserem Falle das Gebirge sowohl durch Strahlung als durch Leitung abgekühlt wird, so müssen wir von Ermittelung des Effekts der letzteren (durch Eis, Wasser) doch absehen, weil viele der in Rechnung zu führenden numerischen Daten durch willkürliche Annahmen ersetzt werden müfsten; dagegen wollen wir versuchen, die Abkühlung durch Strahlung abzuschätzen, welche einerseits das Gebirge (I), andererseits der räumlich gleichgrofse Ausschnitt aus ebenem Terrain (II), in derselben Zeit erleiden (Fig. 4).

Wir stellen uns die Profilfläche über dem Gotthardtunnel in ein Rechteck (I) von der Länge des Tunnels verwandelt vor, dessen untere Seite in mittlerer Höhe der Tunnelfirstlinie, d. i. 1147 m ü. M.; die obere in der mittleren Meereshöhe 2041 m, wo (am Ort des Gotthard-

---

[1]) Dies sind die in der Technik gebräuchlichen Formeln.

tunnels) die mittlere Lufttemperatur t = — 0,59°, die mittlere Bodenoberflächentemperatur 3,55° beträgt. Die Höhe des Rechtecks ist 894 m; die Gesteinstemperatur durch die ganze Tunnelröhre war im Mittel 23,43°. Die Abkühlungsfläche ist $\frac{1}{0,8616} = 1,161$ mal gröfser als sie sein würde, wenn 894 m über dem Tunnel ein ebenes Plateau läge. Zum Vergleich denken wir uns einen rechteckigen Ausschnitt (II), von Tunnellänge und 894 m Tiefe aus dem eben gedachten Boden am Tunnelort, in 1147 m M. H., wo die mittlere Lufttemperatur 5,68°, die Bodentemperatur 7,35° beträgt.

Nach der im Appendix I. durchgeführten Rechnung verhalten sich die gleichzeitigen Wärmeverluste durch Strahlung, von I und II, wie 2,77 : 1; bei Beginn der hier in Frage kommenden Abkühlungsperiode war die Temperatur in 894 m mittlerer Tiefe sowohl in I als II : 28,12°; und einer jetzigen Temperatur von 23,43°, in dieser Tiefe, in I entspricht eine solche von 26,43° in II.

Die gleichzeitige Abkühlung in 894 m Tiefe hat also unter ebenem Terrain 28,12 — 26,4 = 1,69° betragen, unter Gebirgsterrain aber 28,12 — 23,43 = 4,69°, und der Unterschied von 3° ist lediglich der gröfseren Ausstrahlungsfläche, welche das Gebirge bietet, und der gröfseren Kälte seiner Umgebung zuzuschreiben. Ohne diese Einflüsse würde — caeteris paribus — die mittlere Temperatur in der Tunnelröhre der Temperatur in gleicher Tiefe, aber unter der Ebene II, gleich, d. i. = T_{II} = 26,43° geworden sein, und der Wärmezunahme-Coefficient wäre $\frac{26,43 - 3,55}{894} = 0,0256$, anstatt des aus den Beobachtungen abgeleiteten von 0,0222 (resp. 0,0218). Das Verhältnifs beider Werthe: $\frac{0,0222}{0,0256} = 0,867$, entspricht nahezu jenem der Abkühlungsflächen: $\frac{A}{S} = 0,862$.

Stärkere äufsere Abkühlung erklärt also die niedrigere Temperatur im Gebirgsinneren zum Theil, und würde es vielleicht noch besser, wenn aufser dem Wärmeverlust durch Strahlung auch noch jener durch äufsere Leitung mit in Betracht gezogen werden könnte. Aber schwerlich kann gröfsere Oberflächenabkühlung allein den Wärmezunahme-Coefficenten im Gotthard auf $^2/_3$ des in ebenem Terrain gewöhnlichen reduziren, sodafs ein Theil des Defektes auf andere Ursachen zurückzuführen ist. Wir werden solche im Folgenden kennen lernen; hier sei jedoch darauf hingewiesen, dafs innere Wülste der

Erdrinde als Theilursache durch vorgehende Rechnung nicht nur nicht ausgeschlossen sind, sondern in gewisser Beziehung angedeutet. Die auf Grundlage der Tunnelbeobachtungen berechnete Temperatur unter der ideellen Ebene (Sekt. II) ist nämlich niedriger, als der gewöhnlich angenommene Wärmezunahme-Coefficient vermuthen läfst, und führt zu dem für nicht alpines Terrain anomalen Coefficienten $\frac{24,43 - 7,35}{894} = 0,0213$; und selbst, wenn die Abkühlung von 1,69° berücksichtigt und die Anfangstemperatur 28,12° in Rechnung gezogen wird, wird dieser Coefficient nur $\frac{28,12 - 7,35}{894} = 0,0232$, während früher, auf ganz andere Weise, aus den Gotthardbeobachtungen der von topographischen Einflüssen befreite Coefficient 0,0317 hergeleitet worden ist.

Die Wärmezunahme mit der Tiefe hat in verschiedenen Sektionen des 15 km langen Gotthardtunnels innerhalb so weiter Grenzen (0,0151 — 0,0614° pr. Meter Tiefe) variirt, dafs es ebenso leicht ist, Kilometer lange Strecken zu bezeichnen, wo der mittlere Zunahme-Coefficient das gewöhnliche Mafs überschreitet, als umgekehrt andere, wo er dahinter zurückbleibt. Deshalb könnte man aus entsprechend gewählten Gruppen der Gotthardbeobachtungen ebensowohl auf Bergwurzeln schliefsen, als auf das Gegentheil: Protuberanzen des flüssigen in das Gebirge hinein; der Mittelwerth sämmtlicher Beobachtungen begünstigt allerdings den ersten Schlufs. Das Diagramm zu „Répartition de la température dans le grand tunnel du St. Gothard" (Annexe XIV au volume VIII des rapports trimestriels du Conseil fédéral sur la marche des travaux du Ch. d. f. du St. Gothard; 1880) läfst ohne weiteres 4 Tunnelabschnitte mit verschiedenem Temperaturgang erkennen, und diese Abschnitte decken sich der Hauptsache nach mit jenen der geologischen Gliederung und der inneren Wasservertheilung. Nämlich:

0 — 1800 m vom Nordportal (Gebiet des Finsteraarhornmassivs);
Wärmezunahme-Coefficient 0,0426 (0,0274 — 0,0614);
Höhe des überliegenden Gebirges 36,9 — 503,2 m;

1800 — 3500 m vom Nordportal (Urserenmulde);
Wärmezunahme-Coefficient 0,0482 (0,0398 — 0,0565);
Höhe des überliegenden Gebirges 298,1 — 312,7 m;

3500 m vom Nordportal — 2900 m vom Südportal (Gotthardmassiv);
Wärmezunahme-Coefficient 0,0219 (0,0176 — 0,0378);
Höhe des überliegenden Gebirges 341,2 — 1660,5 m;

2900 — 0 m vom Südportal (Tessinmulde);

Wärmezunahme-Coefficient 0,0178 (0,0151 — 0,0212);

Höhe des überliegenden Gebirges 18,8 — 1253,0 m.[2])

Die Wärmezunahme ist aber am stärksten auf der Nordseite in dem zum Finsteraarhornmassiv gehörigen Gneifsgranit und in den Schiefergesteinen des Urserenthals; am schwächsten auf der Südseite, in den Schiefergesteinen des Tessinthals; sie nähert sich dem Mittelwerth in den Glimmergneifsen des Gotthardmassivs. Dem Vorherrschen hoher Werthe auf der Nordseite, tiefer auf der Südseite, ist es zuzuschreiben, dafs der aus diesen Werthen zusammen (1877) berechnete mittlere Zunahme-Coefficient dem für die Tunnelmitte gültigen so nahe kam, dafs nach ihm die in letzterer zu gewärtigende Temperatur auf einige Zehntelgrade richtig im voraus berechnet werden konnte.

Mögliche Ursachen der Höhe des Coefficienten (0,0426) im Bereich des Finsteraarhorngneifsgranits sind: geringeres Wärmeleitungsvermögen des Gesteins, die Topographie des hier durchfahrenen Gebirgsstreifens, die verhältnifsmäfsig neue Emporschiebung des Gneifsgranits aus tieferem Niveau. — Hinsichtlich des Wärmeleitungsvermögens des Gesteins kommt hier vor allem seine Trockenheit in Betracht; denn durchfeuchtete Gesteine, wie sie in den übrigen Sektionen vorherrschen, leiten besser als der trockene Gneifsgranit der Finsteraarhornsektion, indem, nach Versuchen von Herschel und Lebour, das den einzelnen Gesteinssorten als solchen eigenthümliche Wärmeleitungsvermögen gegen jenes des eingeschlossenen Wassers in den Hintergrund tritt. Die Oberflächengestaltung nächst dem nördlichen Tunneleingang ist durch tiefe enge Schluchten zwischen hohen steilen Klipp-Bergen charakterisirt; erstere befördern die Abkühlung in die darunter liegende Gesteinsschale hinein, während letztere die Wärme in ihr konserviren helfen; und da der wärme-konservirende Faktor den abkühlenden bei weitem überwiegt, so wird die durchfahrene Gesteinsschale auch unter den Schluchten und entlang dem vom Tunnel gefolgten Thalwege der Reufs eine höhere

---

[2]) Diese Zahlen sind aus einer noch nicht veröffentlichten Tabelle gezogen, in welcher für Sektionen von je 100 m Länge die Mittelwerthe der gemessenen Temperaturen, Höhenzahlen etc. eingetragen sind, absolute Maxima und Minima also nicht erscheinen. Die von der jemaligen Höhe des überliegenden Gebirges abhängigen Gewichte der Einzeldaten sind bei Bildung der vorstehenden Gruppencoefficienten nicht berücksichtigt. Deshalb weicht auch das schliefsliche Mittel derselben (0,0267) von dem aus allen Beobachtungen direkt berechneten Coefficienten (0,0215) ab. Dabei sind die Höhenzahlen des gemessenen Profils zu Grunde gelegt, nicht jene des ausgeglichenen, welches den Coefficienten 0,0218 ergiebt.

Temperatur behalten haben, als bei gewöhnlichem Zunahmecoefficienten der dünnen Tunneldecke zukommt. — Ein Grund für die hohe Temperatur im Gneifsgranit der nördlichen Tunnelsektion scheint mir noch das verhältnifsmäfsig spätere Empordringen desselben (als feste Masse) aus einem tieferen Horizont als dem der umgebenden Schichten. J. Prestwich stimmt diesem Erklärungsversuch nicht bei (Proc. Roy. Soc. 1885; 12. Febr. 1885), und sucht in der beim Zerquetschen des Gneifsgranits entstandenen Reibungswärme die Ursache seiner jetzigen hohen Temperatur; gegen letztere Theorie ist jedoch einzuwenden, dafs man wohl in den übrigen Sektionen des Tunnels deutlichste Beweise grofsartiger, geologisch neuer Verschiebungen und durchgreifender Zertrümmerungen wahrnimmt, aber nicht in der Finsteraarhornsektion, wo Lettengänge, neuere Reibungsbreccien und Gleitriefen gänzlich fehlen, und wo nur abgebrochene, in den Drusen liegende Bergkrystalle auf Erschütterungen hinweisen, welche hier wohl gleichzeitig mit den Zerstörungen im benachbarten Gotthardmassiv stattfanden.

Der zu hohe Wärmezunahmecoefficient (0,0482) unter dem Urserenthal erklärt sich theils aus topographischen Gründen, theils aus Gesteinszersetzung. — Für erstere gilt das oben (beim Finsteraarhornmassiv) gesagte, obwohl das Urserenthal zwischen seiner hohen Bergeinfassung nicht als enge Schlucht erscheint. Gesteigerte Wärmezunahme unter Thälern ist eine durch verschiedene Erdtemperaturmessungen bestätigte allgemeine Erscheinung, welche, wenn die Thalweite nicht zu geringfügig wäre, sogar als umgekehrter Beweis für die Existenz von Bergwurzeln dienen könnte. Man mufs sich letztere aber doch wohl als unregelmäfsige Wülste unter dem ganzen Gebirge vorstellen, deren Gliederungsdetails mit allen jenen des entsprechenden äufseren Gebirges schwerlich harmoniren können. — Erwärmung des Gesteins durch Zersetzung scheint besonders an die grofse Verwerfungsspalte geknüpft, welche zwischen 2785 und 2815 m v. N. P. eine berüchtigte Druckparthie verursacht hat. Durch Vitriolisirung eingesprengter Kiese wurde hier ein Kaolinisationsprozefs eingeleitet, welcher Wärmeentwicklung zu Folge hatte, sei es unmittelbar durch chemische Reaktionen, sei es mittelbar durch Aufsaugen von Wasser in dem trockenen Thonstein (siehe: Les eaux du tunnel du St. Gothard; 1891. p. 17—19; 119). Da die Verwerfungsspalte den Tunnel unter spitzem Winkel und flach einfallend durchschneidet, so macht sich die von diesem Heerd ausgehende Wärme besonders nordwärts weit bemerklich.

Auf die Störungen des Wärmezustandes im Gotthardmassiv

werden wir nach Betrachtung der bedeutenden Abkühlung zurückkommen, welche im Gebiet der Tessinmulde (Coeff. 0,0178) nachweislich durch percolirendes Wasser veranlafst worden ist. Ueber die Temperatur der Tunnelwässer handelt das 5. Kapitel der oben citirten Monographie (Les eaux du tunnel du St. Gothard); über die Abkühlung des Gesteins durch dieselben besonders p. 123—126. Aus der Tabelle, l. c. p. 117, geht hervor, dafs zwischen 0 und 2900 m v. S. P.

die mittlere Gesteinstemperatur 17,37⁰

die mittlere Wassertemperatur (gleich nach dem Erschroten) 15,37⁰

betrug, während der mittleren Höhe des überliegenden Gebirges 726 m, der mittleren Bodenoberflächentemperatur 4,90⁰, und dem Zunahmecoefficienten (für den ganzen Gotthard) 0,0215, die Gesteinstemperatur 20,5⁰ zukommt. Die beobachtete Gesteinstemperatur liegt also 20,5—17,37 = 3,13⁰ unter der — lokal — normalen, und noch 17,37—15,37 = 2,0⁰ über der Wassertemperatur; in Einzelfällen stiegen diese Differenzen sogar auf 5⁰. Der lokale Wärmezunahmecoefficient beträgt nur $\frac{0,0178}{0,0215} = 0,828$ des im Gotthard allgemeinen.

Der bezeichnete Abschnitt ist der wasserreichste des ganzen Tunnels; mit geringen Unterbrechungen folgten hier aufeinander (l. c. p. 73):

I. Quellgebiet von Airolo; 0—941 m v. S. P.;
mit 7682300 m^3 aufgespeichertem Wasser und 88,4 l p. Sek. ständ. Abfl.

II. Quellgebiet von Stuei; 1070—1808 m v. S. P.;
mit 2985200 m^3 aufgespeichertem Wasser und 24,4 l p. Sek. ständ. Abfl.

III. Quellgebiet des Scipsius; 1930—2320 m v. S. P.;
mit 1084300 m^3 aufgespeichertem Wasser und 11,3 l p. Sek. ständ. Abfl.

IV. Quellgebiet von Sorescia; 2390—3037 m v. S. P.;
mit 1452200 m^3 aufgespeichertem Wasser und 13,5 l p. Sek. ständ. Abfl.; von welchen wenigstens das erste Terrain auch geometrisch so genau definirt ist, dafs das dasige Wasserregime eine direkte numerische Abschätzung der Abkühlung durch das percolirende Wasser zuläfst.

Wir kennen Volum, Gewicht, Wärmecapacität des zerrissenen und vom Wasser durchflossenen Gesteinkörpers, und seine Temperatur beim Aufschliefsen durch den Tunnel; die Quantität und Temperatur des in seinen Spalten aufgespeicherten Wassers und dessen Eintrittstemperatur; die Erwärmung eines bekannten Wasserquantums, welches jetzt, nach Abflufs des aufgespeicherten Wassers, diesen Gesteinskörper von der Oberfläche bis zum Tunnel durchfliefst. Wir nehmen an, dafs vor

Beginn dieser Abkühlung durch percolirende Wässer die innere Temperatur des Gesteinskörpers dem Wärmezunahmecoefficienten 0,0317 entsprach, und dafs eine demselben Coefficienten zukommende Wärme-emanation nach aufsen statt hatte. Wir fragen uns, während welcher Zeitdauer ein gewisses Wasserquantum mit bekannter Temperatur eintreten und das Percolationsgebiet (durch Tagequellen) wieder verlassen mufste, damit das Gestein im Tunnel und das daselbst hervortretende Wasser die Temperaturen annehmen konnten, welche beim Eintrieb des Tunnels beobachtet wurden.

Die in Appendix 2 durchgeführte Rechnung ergiebt als Resultat: dafs während 171 Jahren jede Sekunde $7^2/_3$ Liter Wasser mit 7,56⁰ eintreten, durch- und wieder abfliefsen mufsten, um den 102 982 000 m³ einnehmenden Gesteinskörper des I. Wasserterrains von 14,12⁰ (in Tunnellinie) auf 11,58⁰ abzukühlen, und das Wasser (ebenda) auf 9,24⁰ zu erwärmen. Dabei, aber zugleich auch durch gröfseren Strahlungsverlust, ging der Wärmezunahmequotient von 0,0317 auf 0,02, d. i. um 63 ⁰/₀, herab und wir dürfen wohl schliefsen, dafs auch in den nächstbelegenen Tunnelabschnitten mit Wasserdurchflufs eine entsprechende Abkühlung, tief ins Innere hinein, stattgefunden hat. Numerisch abzuschätzen vermögen wir letztere zwar nicht, auch drüfen wir sie nicht ohne weiteres der Abkühlung im ersten Wassergebiet proportional annehmen: denn das Volumen des percolirten Gesteins in II—IV ist unbekannt und eine Proportionalität zwischen demselben und jenem von I läfst sich nicht annehmen. Aber wir dürfen mit Fug behaupten, dafs die Wässer in II—IV in demselben Sinn auf das durchflossene Gestein wirkten, wie jene in I, schon weil die Temperaturdifferenzen zwischen Gestein und Wasser in I—IV und I fast gleich sind, nämlich resp. 2,0⁰ und 2,34⁰.

Die Reduktion des Wärmezunahmecoefficienten auf 0,63 seines ursprünglichen ideellen Werthes ist gleichzeitig Folge der früher erörterten gröfseren Ausstrahlung von der Oberfläche des Gebirges, und der Wegleitung von Wärme durch Percolation aus seinem Innern; deshalb verliert in diesem Fall zu niedrige Wärmezunahme im Gebirge ihre Beweiskraft für die Existenz von Bergwurzeln Uebrigens entfallen (im Bereich des ersten Wassergebietes) etwa 0,867—0,630 = 0,237 der Abnahme des Wärmezunahmecoefficienten auf die Wirkung des Wassers, 0,133 auf jene der gröfseren Ausstrahlung.

Im Inneren des Gotthardmassivs, wo zwischen 3500 m v. N.P. und 2900 m v. S. P. die Beobachtungen für den Wärmezunahmecoeffi-

cienten 0,0219 als Mittelzahl ergeben, macht sich neben vergröfserter Ausstrahlung und Percolation noch eine Ursache für raschere Abkühlung und Herabsetzung des Coefficienten geltend, welche in den Nachbargebieten weniger bedeutet, nämlich die gröfsere Leitungsfähigkeit der Schichten in der Richtung ihrer Parallelstruktur, als querüber, welche für Gotthardgneifs, nach Versuchen von Jannettaz, im Verhältnifs 1,5:1 steht. Infolge derselben mufs ein Berg, worin die Schichten auf dem Kopf stehen, nach einer gewissen Zeit in gleicher Tiefe kälter geworden sein, als ein nach Form, Gröfse, Material und Exposition, gleichartiger zweiter, in welchem die Schichten schwebend verlaufen. Dieser Einflufs der Schichtenstellung kann in dem fast kompakten Gneifsgranit des Finsteraarhornmassivs kaum bemerklich werden; auch nicht im Urserenthal, wo die Schichten zwar seiger stehen, die Gesteinsdicke über dem Tunnel aber zu geringfügig ist. In der Tessinmulde beträgt das Einfallen 34—68° (l. c. p. 8), so dafs auch hier nur ein Bruchtheil dieses Einflusses zur Geltung kommen kann, welchen der weit mächtigere der Percolation überdies verwischt. Im Gotthardmassiv stehen aber die Schichten kilometerweit seiger, und ihre Dicke über dem Tunnel erreicht 1705 m, so dafs hier erheblich raschere relative Abkühlung aus angegebenem Grund zu erwarten ist, wenn sie sich numerisch auch nicht wohl abschätzen läfst.

Abkühlung durch percolirendes Wasser hat im Gotthardmassiv gleichfalls eine grofse, wenn auch mehr versteckte, Rolle gespielt. In dem verhältnifsmäfsig trockenen Gebiet der Alpe Sorescia, 3037—4300 m v. S. P., waren 193 700 m³ Wasser aufgespeichert, und demselben entfliefsen ständig 1,9 Liter pro Sekunde; in dem V. Wassergebiet (südliche Druckparthie), 4300—4784 m v. S. P: aufgespeichert 3066 300 m³, ständig abfliefsend 12,0 Liter pro Sek.; in dem VI. Wassergebiet (Guspisthal), 5870—6415 v. S. P: aufgespeichert 1339 500 m³, ständig abfliefsend 9,0 Liter pro Sekunde. Für die beiden übrigen Wassergebiete des Gotthardmassives: VII, Gurschenalp, 4950—7306 m v. N. P., und VIII, Wannelen, 3650—4822 m v. N. P., habe ich den aufgespeicherten Wasservorrath und den ständigen Abflufs nicht ermittelt; es traten daselbst pro Sekunde je 7 Liter in das eben geöffnete Stollenort. (Siehe l. c. p. 51 und 73.)

Alle diese Wasserterrains des Gotthardmassivs unterscheiden sich von den vier oben charakterisirten der Tessinmulde dadurch, dafs keines derselben von dem Tunnel bis zur Oberfläche entleert worden ist, weshalb man bei ihnen Abkühlung durch tiefgreifende Percolation in Frage setzen könnte. Der häufige Wechsel kälterer und wärmerer

Tunnelzuflüsse in kurzen Abständen (l. c. Tab. XII p. 116/117) deutet aber auf ab- und aufsteigende Wasserströme, d. h. auf eine innere Wassercirculation bis unter den Tunnelhorizont hinab, wodurch ein Temperaturausgleich hervorgebracht werden mufs: Erwärmung höherer Etagen und Abkühlung tieferer, über und unter ihre ursprüngliche Temperatur. Dadurch müssen die Zunahmecoefficienten in einer und derselben Senkrechten mit der Tiefe kleiner werden, die Abstände zwischen den Isothermen von oben nach unten also lokal zunehmen; aber nur bis zu jener Tiefe, wo die Circulation aufhört. Da den genannten Wassergebieten starke, durch den Tunnel nicht gestörte, Tagequellen entfliefsen, welche einen Theil des cirkulirenden Wassers wieder abführen, so mufs ein gleich grofses Quantum kalten Wassers ständig von aufsen in die Circulation treten, so dafs neben dem Wärmeausgleich auch Wärmeentziehung stattfindet, d. h. neben relativer Abkühlung auch absolute des Gesteins.

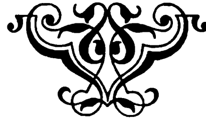
Diese Vorgänge sind ehemals viel intensiver gewesen als gegenwärtig, denn die zahlreichen ganz zerrütteten „Druckparthien“ lettigzersetzten Gesteines im Innern des Gotthardmassives (z. B. die s. g. Centrale Druckparthie 7459—7537 v. N. P; 6520—33 v. S. P; 5960—79 v. S. P; u. s. f.) sind von Wasser durchflossen gewesen, bis durch fortgeschrittene Kaolinisation die Kanäle verstopft und die Zuflüsse unterbrochen oder abgelenkt wurden (l. c. p. 17/23). Der lange anhaltende Durchflufs grofser Wassermassen durch diese, jetzt trockenen, Zertrümmerungszonen mufs zunächst Abkühlung des Nebengesteins bewirkt haben, wie wir solche in der Tessinmulde kennen lernten; es ist aber nicht ausgeschlossen, dafs der Abkühlung eine partielle Wiedererwärmung durch chemische Reaktionen und Capillarabsorption des Thones folgte, wie wir sie in der Urserenmulde gefunden haben. Demnach wäre die innere Abkühlung des Gotthardmassivs durch Percolation ehemals vielleicht bedeutender gewesen, als wir sie jetzt beobachten.

Ganz ausgeschlossen ist die Annahme, dafs im Gotthard von unten aufsteigende heifse Wässer die Kaolinisation in den Druckparthieen bewirkt, und gleichzeitig das durchflossene Gestein erwärmt hätten, wie dies im Comstocklode (Nevada) der Fall ist. Denn die Wasserzuflüsse im Gotthardmassiv waren im Tunnel wechselweise wärmer und kälter als das Nebengestein, gehörten also aufsteigenden und absteigenden Strömungen an, wie dies schon erwähnt worden ist; und die wärmsten derselben waren nur 1—2^0 wärmer als das Nebengestein, so dafs ihr Kreislauf nur einige 100 m tiefer gereicht haben konnte.

Manche derselben erkalteten im Verlauf der Zeit um Zehntelgrade, d. h. es drang kälteres Wasser aus höheren Niveaus nach (l. c. p. 122 f.); einige der Centralparthie wurden aber wärmer, d. h. die absteigenden kälteren Zuflüsse, womit die aufsteigenden wärmeren sich vermischt hatten, flossen rascher ab als letztere, deren höhere Temperatur also mehr und mehr hervortreten konnte. Auch bei Berücksichtigung dieser nachmaligen Temperaturerhöhung von höchstens 0,6° kann man den aufsteigenden warmen Strömen keinen Sitz tief unter dem Tunnelhorizont beimessen (l. c. p. 126).

Quantitativ läfst sich die Abkühlung des Gotthardmassivs durch percolirendes und circulirendes Wasser zwar nicht feststellen; nach Vorgehendem mufs sie aber bedeutend gewesen sein, muthmafslich ausreichend, um auch hier andere Erklärungsweisen für den kleinen Wärmezunahmecoefficienten entbehrlich zu machen.

(Schlufs folgt).





Mondfinsternifs-Photographien. Wenn der Mond in den Schatten der Erde taucht, sollten wir erwarten, dafs er unserem Anblick ganz entschwindet. Statt dessen sehen wir ihn mit rothem Licht herniederscheinen, wie wenn seine Lichtfülle durch dichte Nebel unserem Blicke entzogen würde. Man erklärt dies durch den Umstand, dafs ein Theil des Sonnenlichtes, durch die Erdatmosphäre abgelenkt, in den Schattenkegel hineingelangt und uns so den total verfinsterten Begleiter der Erde sichtbar macht. Am Rand der Mondscheibe ist zu Zeiten ein grünlicher Glanz bemerkt worden, den man sich durch die von der Korona der Sonne ausgesendeten Strahlenmassen zu erklären weifs. Da sonach — wenn nicht viel — so doch etwas Licht immerhin auch dem total verfinsterten Monde zukommt, so liegt es nahe, seine photographische Abbildung zu versuchen. Bei einem solchen von M. C. Wolf und Rayet am 4. Oktober 1865 angestellten Versuche diente ein Foucaultsches Fernrohr von 20 cm Oeffnung. Kollodiumplatten zeigten nach einer Exposition von einer Sekunde ziemlich klar diejenigen verfinsterten Gegenden der Mondscheibe, welche an der Grenze des Schattens lagen. Bei der letzten am 15. November v. J. beobachteten Mondfinsternifs ist es aber zu Toulouse mit Hülfe des photographischen Aequatoreals und bei einer Exposition von zwei Minuten gelungen, den angewandten Bromsilber-Gelatineplatten ein Konterfei von etwa zwei Fünfteln des Mondes mit ziemlich genauen Details und mit einer bemerkenswerthen Feinheit zu überliefern, nämlich desjenigen Theiles der Mondfläche, welcher den Schattenkegel zuerst wieder verlassen mufste. Hiernach erscheint es nicht unmöglich, dafs dieses rothe Licht sogar genügen wird, bei einer Exposition von etwa einer Viertelstunde den gesamten central und total verfinsterten Mond photographisch abzubilden.

Dafs der verdunkelte Mond noch immer chemisch wirksame Strahlen aussendet, die man in dem dunkelrothen Lichte nicht vermuthen

sollte, das sucht Herr Gautier übrigens auf einem kleinen Umwege zu erklären. Experimente, die er in Montpellier angestellt hat, haben ihm zur Evidenz gebracht, dafs Körper, welche der Einstrahlung des Sonnenlichtes lange ausgesetzt waren, noch einige Zeit die Fähigkeit behalten, chemische Strahlen auszuschicken — ähnlich wie die phosphorescirenden Körper leuchtende Strahlen noch aussenden, nachdem sie längst nicht mehr belichtet sind. Ein Gegenstand aus Kalkstein behielt die Fähigkeit, Chlor und Wasserstoff durch seine Ausstrahlung explosiv zu vereinigen, noch lange, nachdem ihn die Sonnenstrahlen verlassen hatten. Aehnlich könnte der Mond — auch ohne das diffuse Licht, das ihm durch die Erdatmosphäre gebrochen zugeht — die Fähigkeit behalten, chemisch zu wirken. Janssen in Meudon hat den Vorschlag gemacht, den Betrag der Strahlen, der einem beliebigen Punkte der Mondoberfläche noch in einem bestimmten Momente der Verfinsterung zugeht, durch eine der Methoden der photographischen Photometrie zu eruiren. Natürlich würde sich dabei nur der Betrag der chemisch wirksamen Strahlen, die er noch während der Verfinsterung erhält, zu demjenigen, der ihm sonst zukommt, mit einiger Genauigkeit feststellen lassen. Sm.



Die Entwicklung der chemischen Elemente.

Von zwei Seiten her war das Vertrauen auf die Einfachheit, Ursprünglichkeit und gegenseitige Unabhängigkeit der chemischen Elemente, welches die Chemiker mehr als fünfzig Jahre hindurch beseelt hat, schon seit Jahrzehnten erschüttert worden. Einerseits von Seiten der Astrophysik durch die Leistungen der Spektral-Analyse und dann aus der philosophischen Vertiefung der chemischen Theorie selbst heraus. Die Spektral-Analyse hatte im Anschlusse an die Kant-Laplacesche Weltbildungslehre Wahrscheinlichkeiten dafür beigebracht, dafs die in Form- und Lichtveränderungen sich ausdrückende Entstehungs- und Entwicklungsgeschichte gewisser Gruppen von Weltkörpern auch von chemischen Veränderungen ihrer Bestandtheile begleitet seien. In den Nebelflecken, den Anfangsstufen der Weltkörperbildung jener Theorie zufolge, verrathen meist nur sehr wenige Elemente, in der Regel nur Wasserstoff und Stickstoff durch die von ihnen im glühenden Zustande ausgestrahlten Lichtwellen ihr Dasein. Auf den Fixsternen kommen je nach dem Grade ihrer Abkühlung mehr und mehr Lichtwellen-Arten hinzu, die den Schwingungen anderer Elementarstoffe entsprechen, wenn auch der Reichthum verschiedenartiger Elemente und Verbindun-

gen, den wir auf unserer Erde vorfinden, auf keinem der selbstleuchtenden Gestirne nachgewiesen werden konnte. Von dem Zustande der Erde und einigen im Laboratorium anstellbaren Versuchen ausgehend, sprach der englische Astronom Norman Lockyer, der sich besonders mit der Ausbildung dieser Ansichten beschäftigt hat, von der Auseinanderlösung (Dissociation) der chemischen Bestandtheile selbstleuchtender kosmischer Massen durch die starke Gluth. Wir können nämlich schon bei den uns zur Verfügung stehenden höheren Temperaturen der Laboratorien beobachten, dafs viele Verbindungen und selbst einzelne sogenannte Elementarstoffe bei starker Erhitzung ganz andere Eigenschaften darbieten, als bei mittleren Temperaturen, ein Verhalten, welches man sich bei zusammengesetzten Stoffen einfach durch eine Befreiung von den Banden der chemischen Verwandtschaft ihrer Bestandtheile und bei den bisher für einfach gehaltenen Stoffen daher ebenfalls durch eine Zersetzung in noch einfachere Bestandtheile erklärte.

Die auf diese Erfahrungen gebaute Dissociationslehre ist aber eine vom irdischen Standpunkte ausgehende Vorstellung, die vom uranologischen einer Associationslehre Platz machen mufs. Denn von einem höheren Gesichtspunkte aus ist es offenbar verkehrt, zu sagen, die auf der Erde oder auf anderen festen Weltkörpern vorhandenen Stoffe seien auf den heifseren zersetzt; es handelt sich, wenn die ganze Anschauungsform richtig ist, dort im Gegentheil um eine fortschreitende Verbindung (Association) uns völlig unbekannter Grundstoffe, aus deren Vereinigung erst die uns bekannten oder überhaupt auf von Menschen bewohnbaren Weltkörpern vorkommenden Stoffe hervorgegangen wären. Eine solche Auffassung würde noch darin eine Stütze finden, dafs wir im Spektrum der Nebelflecke sowohl, wie auch noch in demjenigen der Sonne einige Linien auftreten sehen, die wir auf keines der uns bekannten chemischen Elemente zu beziehen im stande sind, woraus man unter anderem auf ein besonderes Sonnen-Element, das Helium, geschlossen hatte.

Diese den Chemikern aus so fernen Weltbezirken zugekommenen Neuigkeiten würden indessen bei ihnen nicht die Beachtung gefunden haben, die sie, wenigstens in neuerer Zeit, zu finden beginnen, wenn nicht unter den irdischen Elementen allmählich gegenseitige Beziehungen erkannt worden wären, die nicht nur auf eine Gruppirung zu natürlichen Familien, wie sie bei Pflanzen- und Thierformen vorkommen, sondern auf zahlenmäfsig ausdrückbare, periodisch wiederkehrende Verhältnisse in den einzelnen Verwandtschaftsgruppen hin-

deuten. Schon Döbereiner hatte auf das Vorkommen sogenannter Triaden unter den chemischen Elementen aufmerksam gemacht, indem er betonte, dafs von drei einander ähnlichen Elementen (z. B. Chlor, Brom und Jod) das Atomgewicht des mittleren nahezu das arithmetische Mittel der beiden äufseren Glieder darstellt. Diese Regelmäfsigkeit geht aber viel weiter, sofern auch bei verschiedenen Gruppen ähnlicher Elemente nahezu gleiche Unterschiede der Atomgewichte auftreten. Ein Beispiel wird dies klarer machen:

Element	Atom-Gew.	Differenz
Stickstoff	14,01	
		16,95
Phosphor	30,96	
		43,94
Arsen	74,90	
		47,10
Antimon	122,00	

Element	Atom-Gew.	Differenz
Fluor	19,10	
		16,27
Chlor	35,57	
		44,38
Brom	79,75	
		46,78
Jod	126,53	

Lothar Meyer gab 1864 eine vergleichende Zusammenstellung der Elemente nach der Gröfse ihrer Atomgewichte sowohl, wie nach dem chemischen Verhalten, und zeigte, dafs hierbei in der natürlichen Reihenfolge eine deutliche Regelmäfsigkeit (Periode) aufträte, worauf Mendelejeff 1869 die Elemente zu einem natürlichen System anordnete und hervorhob, dafs in den sich so ergebenden Reihen einzelne Glieder nicht mit bereits bekannten Elementen besetzt werden könnten, demnach Plätze für noch zu entdeckende Elemente frei blieben, deren Atomgewichte und allgemeinere Eigenschaften aber auf Grund der ihnen im System reservirten Plätze annähernd vorausgesagt werden könnten. Unter anderem wies er darauf hin, dafs in seiner Bor-Aluminium-Reihe sogar zwei Erdenkinder fehlten, die er sozusagen vor ihrer Laboratoriums-Geburt Eka-Aluminium und Eka-Bor taufte. Er stellte ihnen — nicht nach der Geburtsstunde, wohl aber nach dem auszufüllenden Platze — ein Horoskop und prognostizirte dem ersteren ein Atomgewicht von ca. 68, ein specifisches Gewicht von ca. 6,0 und ein Atom-Volum von ca. 11,5 — und der Astrologus wurde diesmal nicht zu Schanden. Es wiederholte sich ein der Entdeckung des Neptun durch den deutschen Astronomen Galle auf Grund der Rechnungen Leverriers sehr ähnlicher Fall in der Chemie, denn der französische Chemiker Lecoq de Boisbaudran entdeckte bald darauf das von ihm Gallium getaufte Element, welches den Platz des Eka-Aluminium sehr würdig ausfüllte und dessen Atomgewicht zu 69,8 gefunden wurde, während das spezifische Gewicht 5,9 und das Atomvolum 11,8 ergab. Als dann auch noch der Platz von Mendelejeffs Eka-Bor durch das von Nilson entdeckte Scandium ausgefüllt wurde, begann diese Theorie das ver-

diente Aufsehen zu erregen und hat seitdem noch manche weitere Bestätigung erfahren.

Dieses ordnungsliebende Verhalten der früher für so selbständig und der Willkürherrschaft zuneigend gehaltenen Elemente hat nun in neuester Zeit einen jungen Chemiker, der unlängst in Berlin seine Studien vollendet hat, Dr. Gustav Wendt, zu einer Neuuntersuchung der Gruppirungen veranlafst, die ihn nach einigen wohlbegründeten Aenderungen an der früher üblichen Anordnung zu ganz eigenthümlichen Anschauungen über das Verhältnifs der einzelnen Elemente zu einander geführt hat. Er glaubt nämlich, die für die Biologie so aufserordentlich fruchtbringend gewordene Entwickelungsidee noch bestimmter, als es bisher von seinen Vorgängern geschehen war, auf die Chemie anwenden und von sieben Hauptstämmen oder Familien unter den Elementen reden zu dürfen, für die er an ein Hervorgehen aus je einem einzelnen Grundelemente denkt. Als die sieben Grundelemente wären natürlich diejenigen Angehörigen dieser Familien anzusehen, welche das niedrigste Atomgewicht besitzen, nämlich Wasserstoff, Lithium, Beryll, Bor, Kohlenstoff, Stickstoff und Wasserstoff; sie seien gleichsam die Urahnen der insgesamt auf mindestens 74 und höchstens 79 berechneten Elemente. Für nähere Begründung und Einzelnheiten mufs auf seine Schrift: „Die Entwickelung der Elemente“ (Berlin 1891) verwiesen werden, die er als einen Entwurf zu einer biogenetischen Grundlage für Chemie und Physik bezeichnet.

Das Laboratorium, aus welchem die übrigen sogenannten Elemente aus den eigentlichen Grundelementen hervorgegangen seien, sucht er in den Gestirnen, für unser Planetensystem also in der urzeitlichen Sonne. Aus den astrophysischen Beobachtungen wissen wir nun allerdings, dafs auf der Sonne chemische Prozesse in einem Mafsstabe vor sich gehen, von dessen Grofsartigkeit wir uns kaum eine entsprechende Vorstellung machen können. Es sind dort noch in neuester Zeit Feuer-Prozesse beobachtet worden, deren Herd sich über 5 bis 6 Erddurchmesser ausbreitete und bei denen glühende Stoffmassen von uns kaum vorstellbaren Hitzegraden weit in die Kälte des Weltraumes hinausgeschleudert werden, so dafs Druck- und Wärme-Differenzen, Berührungen der einzelnen Bestandtheile unter Verhältnissen ins Spiel treten müssen, die für unsere Phantasie nichts als ein Chaos unberechenbarer Möglichkeiten darstellen. Aber es mag freistehen, dort den Schauplatz von Verdichtungen und Kombinationen aus Urelementen zu suchen, aus denen unsere Elemente zweiter Ordnung hervorgegangen sein könnten. Das sind natürlich blofse Hypo-

thesen, aber immerhin Hypothesen, die nicht aus blofser Spekulationswuth, sondern zur Erklärung neu erkannter Gesetzmäfsigkeiten ersonnen wurden.

Zu ähnlichen Schlüssen war schon seit längerer Zeit der ausgezeichnete, jetzt in Berlin lehrende Physiologe William Preyer gelangt. Aus Gründen, deren genaue Erörterung hier zu weit führen würde, hatte derselbe schon in seiner Schrift: „Die Hypothesen über den Ursprung des Lebens“ (1875) und in mehreren kurz nacheinander erschienenen Aufsätzen des „Kosmos“ (1877) die Anschauung abgeleitet, dafs das Leben ebenso unzerstörbar und ewig sein müsse, wie alle anderen mitunter scheinbar ruhenden Kräfteerscheinungen, und dafs es daher in anderer Form schon auf den feurigen Weltkörpern vorhanden sein müsse, aus denen die abgekühlten, das uns allein bekannte Leben ermöglichenden Welten hervorgehen, wie ja auch heute noch das irdische Leben einzig und allein von der Sonnenstrahlung unterhalten wird. In dem Protoplasma, in welchem das Weltallsfeuer nachglüht, sieht er ein letztes Umwandelungsprodukt des Welt-Stoffwechsels, auf welches sich die früher in der feuerflüssigen Masse thätigen Lebenskräfte zurückgezogen haben, und verweist auf die von Errera zuerst betonte Thatsache, dafs sämtliche Elemente, die in den Verband der lebenden Körper eintreten, sich durch eine hohe spezifische Wärme auszeichnen.

Es handelt sich unter der mehr als viermal gröfseren Zahl der heute als Elemente geltenden chemischen Stoffe im besonderen um 14 Vertreter, die regelmäfsig in die Zusammensetzung der Lebewesen eintreten, um den Leib derselben aufzubauen, und als nun Preyer die erwähnten sieben Gruppen Wendts daraufhin prüfte, fand sich, dafs diese „Lebens-Elemente“ vorwiegend an der Wurzel der gedachten Stämme zu finden sind, so dafs man dieselben nach einer solchen genetischen Betrachtungsweise zugleich als die ältesten oder erstgebornen Elemente betrachten müfste. Preyer theilte diese neue Anschauungsweise zuerst in der Sitzung der deutschen chemischen Gesellschaft vom 23. März 1891 mit, worauf er seinen Vortrag unter dem Titel: „Die organischen Elemente und ihre Stellung im System“ (Wiesbaden 1891) als besondere Schrift veröffentlichte. Diese Darlegung bringt ein neues genetisches System der Elemente, welches zwar ebenfalls wie das Wendtsche 7 Hauptgruppen aufstellt, im einzelnen aber mannigfache Abweichungen zeigt.

Preyer ging von der Thatsache aus, dafs die Zahlen vieler höheren Atomgewichte der halben Summe vieler anderen entsprechen,

was auf Kombination mit Verdichtung hindeutet, und dafs sich noch weitere Zahlenregelmäfsigkeiten ergeben, deren Bedeutung zur Zeit noch dunkel ist. Von den 7 Hauptreihen seines Systems, an deren Wurzeln die oben genannten sieben Grundelemente stehen, gehen je drei Nebenreihen aus, deren theilweise noch zu entdeckende Glieder die Zahl der Elemente auf 80—90 erhöhen würden. Für die theoretische Ableitung dieses in 7 Hauptlinien und 21 Nebenzweige gegliederten Systems mufs auf die Schrift selbst verwiesen werden und mögen hier nur die 7 Hauptgruppen folgen, deren organische Elemente gesperrt gesetzt sind, während ein Punkt (●) die Stelle eines vorauszusetzenden ferneren, aber noch unbekannten Gliedes bezeichnet:

1. Wasserstoff, Fluor, Chlor, Brom, Jod, ●.
2. Lithium, Natrium, Kalium, Rubidium, Cäsium, ●.
3. Beryllium, Magnesium, Calcium, Strontium, Baryum, ●.
4. Bor, Aluminium, Scandium, Yttrium, Lanthan, ●.
5. Kohlenstoff, Silicium, Titan, Zirkon, Cer, Thorium.
6. Stickstoff, Phosphor, Vanadium, Niob, Didym, ●.
7. Sauerstoff, Schwefel, Chrom, Molybdän, Terbium, Uran.

Es ergiebt sich, dafs in der Regel in den ersten drei Stellen dieser Grundreihen eine oder mehrere organische Elemente stehen, mit Ausnahme der vierten Reihe, zu der aber die Nebenreihe gehört in welcher das für den Lebensprozefs der Thiere und Pflanzen unentbehrliche Eisen steht. Uebrigens können (namentlich bei niederen Organismen) auch andere Elemente vertretungsweise in den lebenden Körper eintreten. So hat z. B. Nägeli gefunden, dafs bei niederen Pilzen Rubidium an die Stelle der anderen Alkali-Metalle, Magnesium, Strontium oder Barium an die Stelle des Calcium treten können, während die Algen neben Chlor und Jod auch Brom enthalten und die Bärlappgewächse sogar Aluminium in beträchtlichen Mengen aufweisen. Erst der Körper der höheren Organismen, in dessen Zusammensetzung auch der Kieselstoff zurücktritt, scheint darin im allgemeinen engherziger zu werden. Das Eisen tritt, obwohl es einen höchst wichtigen Bestandtheil des Blutes bildet, in so geringen Mengen in die Zusammensetzung der betreffenden eiweifsartigen Körper ein, dafs Preyer für das Hämoglobin in seiner Inaugural-Dissertation die kolossale Formel $C_{600} H_{960} N_{150} S_3 O_{179}$ aufstellen mufste.

Kehren wir nunmehr zu dem genetischen System der Elemente zurück, in welchem die Baustoffe des Lebens (vom Eisen abgesehen) die niedersten und wohl auch ältesten Glieder darstellen würden, so können wir dem Schlusse nicht entgehen, dafs möglicherweise selbst

die Grundelemente dieser Reihen noch nicht als einfache, nicht weiter zerlegbare Urelemente betrachtet werden müssen. Schon vor einem halben Jahrhundert hatte Prout die Hypothese eines einfachen Grundstoffes aufgestellt, aus dessen Verdichtungen die anderen Elemente hervorgegangen zu betrachten seien, und auf ein ähnliches Ziel deutet auch die 1887 von A. Grünewald dargelegte Beziehung zwischen den Wellenlängen gewisser Verbindungen mit ihrem Gasvolumen hin, denn aus diesen Vergleichungen liefs sich schliefsen, dafs das schon erwähnte Helium der Sonne wahrscheinlich ein Bestandtheil des Wasserstoffes ist, also nicht einmal dieses dünnste aller Elemente als einfach zu betrachten wäre. Um so mehr darf man schliefsen, dafs in die Elemente gröfserer Dichtigkeit und Schwere vielfach Kombinationen zweier oder mehrerer Verdichtungen niederen Grades eingegangen sein können.

Es darf nicht unterlassen werden, den rein hypothetischen Charakter dieser Aufstellungen nochmals zu betonen. Aber es scheint dafs wir hier an dem Anfang einer Entwickelung der Anschauungen stehen, die sich weiter ausdehnen werden und vielleicht bemerkenswerthe theoretische Ergebnisse liefern können. Der neueren Chemie ist ein konstruktiver Charakter eigen, und wie man die Verbindungen zu Raumbildern gestaltet, um ihre Eigenschaften besser zu verstehen, so kann etwas Aehnliches vielleicht auch mit dem Gefüge der sogenannten Elemente versucht werden, wenn erst bestimmte Vorstellungen in dieser Richtung vorliegen. Jedenfalls möchte ich bitten, die im Texte genannten beiden Schriften, deren Tendenz hier nur in den äufsersten Umrissen dargelegt werden konnte, selbst einzusehen, bevor man diese Spekulationen ins Reich der Träume hinabzuweisen versucht.

Carus Sterne.



Die Mikroben des todten Meeres. Wie wunderbar weifs sich das Lebendige allen möglichen Existenzbedingungen anzupassen! Es macht nicht Halt vor den trockensten Wüsten, nicht vor den firngekrönten Höhen unserer Zonen, noch vor der Eisdecke der Polarregionen; es keimt unter dem ungeheuren Drucke, der in den tiefsten Tiefen des Ozeans herrscht, und es erlischt nicht in den kalten, dünnen Luftschichten, welche die höchsten Gebirge unseres Planeten überdachen. Aber von einem Fleck Erde lasen wir bisher in allen Büchern, dafs ihn das Organische verabscheue. Am toten Meere findet sich

kein Säuger und kein Vogel, in ihm kein Fisch. Und nicht einmal die so anpassungsfähige niedere Thierwelt hat einen bekannten Vertreter in dem öden Asphaltsee: Darf uns dies Wunder nehmen? Sein Salzgehalt kommt mit 24,5 % der Sättigung nahe. Das Salz erhöht das spezifische Gewicht desselben derart, dafs der menschliche Körper unbewegt darauf schwimmt, und an den Ufern krystallisirt es fortwährend aus; die tieferen Schichten aber enthalten Brom — ein Element, dem sicher keine besondere Liebe zum Organischen eignet. Und doch hat Herr Lortet neuerdings einige auch vorher bekannte Lebewesen darin nachzuweisen vermocht, Vegetabilien, die freilich in der Stufenleiter des Organischen den allertiefsten Rang einnehmen. In Gefäfsen und Röhren, welche Wasser aus dem toten Meere enthielten, fanden sich zwei krankheitserzeugende Bacillen, derjenige des gasigen Brands und der des Starrkrampfs. Es kann kein Zweifel sein, dafs die dicken, Glockenschlägeln nicht unähnlichen Bacillen des gasigen Brands, sowie die als Nägel mit kugeligem Kopf erscheinenden des Starrkrampfs sich wirklich in diesem Wasser entwickeln. Meerschweinchen, welche mit vorher unfruchtbar gemachtem Wasser geimpft wurden, dem eine Spur jener Flüssigkeit beigemengt wurde, starben alle im Zeitraum von drei Tagen an Blutvergiftung unter den Erscheinungen des gasigen Brands. Der praktische Schlufs, der sich hieraus ergiebt, ist der, dafs eine noch so starke Salzlösung allein keine antiseptischen Wirkungen gegen Starrkrampf und gasigen Brand haben kann und dafs man überhaupt gut thun wird, noch so sterilisirend erscheinende Substanzen immer genauer auf ihre bacillentötende Kraft zu prüfen. Sm.





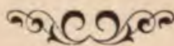
E. Jourdan: Die Sinne und Sinnesorgane der niederen Thiere. Aus dem Französischen übersetzt von W. Marshall. Mit 48 in den Text gedruckten Abbildungen. Leipzig J. J. Weber. 1891. VIII, 330 S.

Ein erfreuliches Zeichen für die gesunde Fortentwicklung der Biologie auf entwicklungsgeschichtlicher und vergleichend-anatomischer Grundlage ist das immer mehr wachsende Interesse an vergleichend-physiologischen Forschungen und das Zunehmen empirisch-psychologischer Untersuchungen auf Grund der Physiologie der Sinnesorgane. Nach beiden Richtungen hat das vorliegende Buch — No. 3 der Weberschen naturwissenschaftlichen Bibliothek — darum einen besonderen Werth, weil es klar und übersichtlich die wichtigsten Thatsachen eines Gebietes darstellt, welches eine zusammenfassende Behandlung sonst nicht erfahren hat. Von den zahlreichen Beobachtungen über die Sinnesorgane wirbelloser Thiere und deren Funktionen werden hier in geschickter Auswahl so ziemlich die besten ohne gelehrten Apparat, Citate und polemische Excurse und in so ansprechender Weise beschrieben, dafs auch der mit der Histologie und mikroskopischen Technik nicht vertraute Leser den gröfsten Theil des Werkchens mit Nutzen wird lesen können und wenn nicht eine Anregung zu eigenen Studien, so doch einen Begriff von der bei aller Mannigfaltigkeit der Sinneswerkzeuge einheitlichen Thätigkeit derselben erhält.

Der Reihe nach werden nach einer Uebersicht über den Bau der Organismen im allgemeinen, sowie orientirenden Bemerkungen über die Reizbarkeit, die Sensibilität und die Sinnesorgane behandelt das Gefühl, der Geschmack, der Geruch, das Gehör und das Gesicht. Andere Sinne (wie der Gleichgewichtssinn, Geschlechtssinn, die Gemeingefühle) sind nicht besonders dargestellt worden. Was geboten wird, ist jedoch so dankenswerth, dafs Fehlendes, wozu namentlich noch mehr und zum Theil bessere Abbildungen gehören, als ein störender Mangel von den Meisten kaum empfunden werden wird.

Dem Uebersetzer Professor Marshall in Leipzig ist seine Arbeit vorzüglich geglückt, wie es bei einem so hervorragenden Zoologen und Schriftsteller nich anders zu erwarten war.

W. Preyer.



Verlag von Hermann Paetel in Berlin. — Druck von Wilhelm Gronau's Buchdruckerei in Berlin
Für die Redaction verantwortlich: Dr. M. Wilhelm Meyer in Berlin.



Das Ende des Zeitalters der Alchemie und der Beginn der iatrochemischen Periode.

Von Dr. W. Luzi in Leipzig.

In der Jetztzeit wird die Chemie aufgefafst als die Wissenschaft von der stofflichen Zusammensetzung der Körper und von den stofflichen Umwandlungen, welche sie unter den verschiedensten Umständen erleiden. Die chemische Forschung hat heutigen Tages verschiedene Ziele, je nachdem sie auf dem einen oder dem andern Spezialgebiete der Chemie ausgeübt wird. So befafst sich die allgemeine Chemie mit der Betrachtung und dem Ausbau der erkannten allgemeinen chemischen Thatsachen und Gesetze, sowie der auf Grund derselben aufgebauten theoretischen Ansichten und bemüht sich, neue, möglichst umfassende Gesetze oder Regelmäfsigkeiten zu finden und so die chemischen Theorien weiter zu vervollkommnen, oder auch neue, brauchbare Hypothesen aufzustellen. Die spezielle Chemie lehrt uns zunächst das kennen, was bis jetzt über alle die bekannten einzelnen Substanzen erforscht wurde, ihre weitere Aufgabe ist es, die Körper fortgesetzt nach Mafsgabe der jeweilig vorhandenen Methoden und Hülfsmittel immer eingehender und genauer zu erforschen, sowie neue Substanzen darzustellen und zu untersuchen. Die angewandte Chemie zerfällt je nach ihrer Anwendung auf die betreffenden Wissenschaften in technische, medizinische, physiologische, pharmazeutische Chemie etc. Die analytische Chemie lehrt uns, komplizirtere unbekannte Körper in bekannte einfachere oder gar in die Elemente zu zerlegen und gestattet auf diese Weise, die Zusammensetzung der Körper zu erforschen. Die synthetische Chemie verfolgt das entgegengesetzte Ziel, mit ihrer Hülfe bauen wir komplizirte Körper aus einfacheren, oder auch aus den Elementen selbst auf.

Nicht immer waren die Aufgaben, welche unsere Wissenschaft

sich zu lösen bemühte, dieselben, wie gegenwärtig. Jahrhunderte lang verfolgte die Chemie ganz andere Zwecke, welche von den heutigen Zielen der Chemie vollkommen verschieden waren. Im Alterthum waren chemische Kenntnisse nur äufserst spärlich vorhanden; während des ganzen Mittelalters und noch darüber hinaus waren die Geister auf chemischem Gebiete fast ausschliefslich mit dem Problem der Alchemie, der Goldmacherei und mit Versuchen, den Stein der Weisen darzustellen, beschäftigt. Sodann kam eine Periode, in welcher man die Hauptaufgabe der Chemie lediglich in der Anfertigung von Heilmitteln zu sehen glaubte. Danebenher arbeitete man noch an verschiedenen andern Problemen. So suchte man z. B. Jahrhunderte lang nach einem allgemeinen Auflösungsmittel für alle Körper, man versuchte, auf chemischem Wege thierische oder menschliche Wesen herzustellen (Homunculus), oder aus Pflanzenasche die betreffenden Pflanzen wieder hervorzubringen. Kurzum, die Beschäftigungen der Chemiker waren bis in das 17. Jahrhundert hinein theilweise derart, dafs man bis zu dieser Zeit von einer chemischen Wissenschaft im heutigen Sinne des Wortes nicht wohl reden kann. Allein es wurde doch auch schon im Mittelalter vieles geleistet, was für die Entwickelung der eigentlichen, und zwar hauptsächlich der angewandten Chemie, von grofser Bedeutung war; eine Bereicherung der empirischen Kenntnisse fand immerhin statt.

Man darf nicht verkennen, dafs die Bemühungen der Alchemisten, die Metallverwandlung zu ermöglichen, die chemischen Kenntnisse erweiterten; man war gezwungen, auf die Eigenschaften der verarbeiteten Substanzen zu achten, und es bildeten sich auf diese Weise sogar bestimmte theoretische Ansichten über die Natur und die Zusammensetzung der Körper aus. Wenn man bedenkt, wie die theoretischen Ansichten im Zeitalter der Alchemie beschaffen waren und über welch eine geringe Summe von chemischen Kenntnissen man verfügte, so wird man zu der Ansicht kommen, dafs die Bestrebungen der alten Alchemisten durchaus nicht so thöricht waren, wie sie oft hingestellt wurden. Liebig hat sich in seinen chemischen Briefen darüber wie folgt geäufsert:

„Die lebhafteste Einbildungskraft, der schärfste Verstand ist nicht fähig, einen Gedanken zu ersinnen, welcher vermögend gewesen wäre, mächtiger und nachhaltiger auf den Geist und die Kräfte der Menschen einzuwirken, als wie die Idee des Steins der Weisen. Ohne diese Idee würde die Chemie in ihrer gegenwärtigen Vollendung nicht bestehen, und um sie ins Leben zu rufen und in 1500 oder in 2000 Jahren auf

den Standpunkt zu bringen, auf dem sie sich heute befindet, würde sie aufs neue geschaffen werden müssen.“

„Die Alchemie ist niemals etwas anderes als die Chemie gewesen; ihre beständige Verwechselung mit der Goldmacherei des 16. und 17. Jahrhunderts ist die gröfste Ungerechtigkeit. Unter den Alchemisten befand sich stets ein Kern echter Naturforscher, die sich in ihren theoretischen Ansichten häufig selbst täuschten, während die fahrenden Goldkoche sich und Andere betrogen. Die Alchemie war die Wissenschaft, sie schlofs alle technisch-chemischen Gewerbszweige in sich ein.“ Und an einer andern Stelle: „Um aber auf die Alchemie zurückzukommen, so vergifst man in ihrer Beurtheilung nur allzusehr, dafs eine Wissenschaft einen geistigen Organismus darstellt, in welchem, wie im Menschen, erst auf einer gewissen Stufe der Entwickelung das Selbstbewufstsein sich einstellt. Wir wissen jetzt, dafs alle besonderen Zwecke der Alchemisten der Erreichung eines höheren Zieles dienten.“

Dieses Urtheil des gröfsten deutschen Chemikers über die Alchemie und die Alchemisten ist wohl das gerechteste und treffendste, das je über diesen Gegenstand gefällt worden ist. —

Man theilt die gesamte Geschichte der Chemie in fünf grofse Perioden ein; die erste Periode umfafst die geringen chemischen Kenntnisse des Alterthums, die zweite Periode ist das Zeitalter der Alchemie, welches sich ungefähr von der Mitte des vierten Jahrhunderts bis zum Anfang des sechzehnten erstreckt, die dritte ist das Zeitalter der Iatrochemie (oder der Anwendung der Chemie auf die Heilkunde, der medizinischen Chemie), vom Anfange des sechzehnten bis zur Mitte des siebzehnten Jahrhunderts, und als vierte Periode mufs man die Zeit von der Mitte des siebzehnten Jahrhunderts bis zum Ende des achtzehnten auffassen, in welcher die Theorie des Phlogistons oder Feuerstoffs die Chemie beherrschte. Diese Theorie wurde im Jahre 1775 durch die klassischen Experimente und Lehren des französischen Chemikers Lavoisier gestürzt und von dieser Zeit an datirt eine neue Periode in der Chemie, das sogenannte quantitative Zeitalter, in welchem wir uns jetzt noch befinden.

Ein Zeitraum in der Geschichte der Chemie nun ist es, welcher ganz besonderes Interesse erregt; es ist dies das Ende der alchemistischen und der Beginn und die erste Entwickelung der iatrochemischen Periode. Es ist dies die Zeit, in welcher all die grofsen Umwälzungen und Reformationen auf den verschiedensten Gebieten angebahnt wurden. Durch die Entdeckung Amerikas, des vermeintlichen Indiens, wurde der geographische Horizont in ungeahntem Mafse erweitert;

der geniale Kopernikus stürzte das alte ptolemäische Lehrgebäude und schuf sein neues, richtiges Weltsystem, welches lehrte, die Erde als einen einfachen Planeten zu betrachten, und Luther begann seine gewaltige, reformatorische, die Geister mächtig aufrüttelnde Thätigkeit. Dazu kamen die Bestrebungen der Humanisten, ihre Zeitgenossen in das Studium des klassischen Alterthums einzuführen und ihnen so den Ausblick in eine wenig bekannte Vergangenheit zu eröffnen. Diese allgemeine Gährung nun, welche die Geister in jener Zeit so gewaltig ergriffen hatte, äufserte sich auch in der Chemie und in der Medizin, beiden erstand ein Reformator in Gestalt des Theophrastus Paracelsus.

Die nachfolgenden Blätter sind dem Zustande der Chemie in dieser, für die chemishe Wissenschaft so wichtigen Periode gewidmet; sie behandeln das Ende des rein alchemistischen, sowie den Anfang des iatrochemischen Zeitalters. Um aber diese Zeit richtig beurtheilen zu können, ist es vorerst nöthig, die Entwickelung der Chemie bis dahin, wenn auch nur in knappen Zügen, kennen zu lernen.

Es soll diese Abhandlung nicht eine ausführlichere Darstellung der Entwickelung aller einzelnen Zweige der Chemie, sowie der Kenntnifs der einzelnen Substanzen während der alchemistischen und iatrochemischen Periode sein, wie sie z. B. in einem Lehrbuche der Geschichte der Chemie angestrebt werden mufs und wie sie in neuester Zeit in der vortrefflichen, kleinen Geschichte der Chemie von Ernst von Meyer durchgeführt worden ist. Vielmehr hat der Verfasser eine allgemein verständliche, illustrirte Schilderung eines der wichtigsten Wendepunkte in der Geschichte dieser Wissenschaft geben wollen. Zu diesem Zwecke wurde auch der Mann, welcher diesen Wendepunkt herbeiführte, sowie die Lehren, welche er aufstellte, besonders ausführlich besprochen. Die Abbildungen, mit welchen die Arbeit, um das Ganze lebendiger zu gestalten, versehen worden ist, sind alten chemischen Werken des 16. und der ersten Jahre des 17. Jahrhunderts treu entnommen, und tragen hoffentlich zur Erhöhung des Interesses und zum Verständnifs der geschilderten Zeit bei. —

Das Alterthum.

Was zunächst den Namen Chemie für unsere Wissenschaft anbetrifft, so taucht er zum ersten Mal im 4. Jahrhundert auf, man brauchte ihn damals für die Kunst, unedle Metalle in edle überzuführen. Die Bezeichnung „Chemia“ für diese Bestrebungen ist aber jedenfalls schon älter und stammt aus Aegypten. Der alte Name für Aegypten ist

chemie oder chemia, und diese Bezeichnung ist jedenfalls mit dem Namen unserer Wissenschaft identisch. Chemia oder Chemie würde demnach die „ägyptische Kunst“ bedeuten. Da das ägyptische Wort chemi jedoch auch „schwarz“ bedeutet, so könnte die Bezeichnung Chemie auch von diesem Worte abgeleitet sein. Soviel ist wohl sicher, die ersten chemischen oder alchemistischen Bestrebungen, welcher Art sie auch immer gewesen sein mögen, verdanken wir Aegypten.

Die Alten besafsen chemische Kenntnisse so gut wie garnicht, erwähnt sei nur, dafs die Ansichten des Aristoteles über die Elemente, als welche er erstens Feuer, zweitens Wasser, drittens Luft, viertens Erde und endlich fünftens ein hypothetisches Element von ätherischer Natur ansah, lange Zeit die herrschenden blieben.

Die Alchemie bis zum Anfang des 16. Jahrhunderts.

Den Beginn des Zeitalters der Alchemie setzt man gewöhnlich in die Mitte des 4. Jahrhunderts nach Christi Geburt. Es ist dies nicht ganz richtig, denn die ersten Versuche, die Transmutation (Umwandluug) der Metalle zu bewirken, sind offenbar älter. Eine uralte Sage, wohl ägyptischen Ursprungs, bezeichnet eine räthselhafte Persönlichkeit, Hermes Trismegistos, (der „dreimalgröfste“), als den Erfinder der verschiedensten Wissenschaften und auch der Kunst der Metallverwandlung. Dieser Hermes Trismegistos genofs unter den Alchemisten ein gewaltiges Ansehen, sollte er doch die Vorschriften zur Darstellung des Steins der Weisen, eingegraben in eine smaragdene Tafel, und aufserdem nicht weniger als 36525 Bände über andere Wissenschaften hinterlassen haben! Noch im heutigen Sprachgebrauch haben wir Ausdrücke, wie hermetischer Verschlufs, hermetische Kunst etc., welche auf jenen sagenhaften, ältesten Alchemisten hindeuten. Diese Sage scheint darauf hinzuweisen, dafs wir die ersten Alchemisten unter den ägyptischen Priestern zu suchen haben. Indessen haben wir unanfechtbare historische Angaben über Alchemie erst von den ersten Jahrhunderten unserer Zeitrechnung an. Zu dieser Zeit hat man sich sicher schon mit dem Problem der Darstellung von Gold und Silber aus andern Stoffen, und zwar hauptsächlich aus Metallen, abgegeben. — Man hat also unter Alchemie die Bestrebungen zu verstehen, gold- und silberfreie Substanzen, und zwar hauptsächlich Metalle, in Gold oder Silber umzuwandeln. Das Wort Alchemie ist zusammengezogen aus „al“ und „Chemie“, „al“ ist der später hinzugekommene arabische Artikel. —

Einer der ersten alchemistischen Schriftsteller war Synesius, welcher am Ende des 4. und im Anfange des 5. Jahrhunderts lebte.

Er beschrieb zum ersten Male eingehend die Destillation. Zu derselben Zeit oder nur wenig später als Synesius, lebte Zosimus, welcher unter andern über Oefen und sonstige chemische Geräthschaften schrieb.

In der Zeit vom 4. bis zum 7. Jahrhundert scheint die Alchemie nur von wenigen betrieben worden zu sein; dann und wann wurden die Alchemisten durch Verfolgungen gestört, man stellte sie vielfach in eine Reihe mit Magiern und Chaldäern. Um die Mitte des 7. Jahrhunderts änderte sich die Lage. Die Araber eroberten Aegypten und gelangten in Besitz der uralten Weisheit dieses Volkes. Ebenso wie sie die Anfänge ihrer medizinischen Kenntnisse von den Aegyptern haben, so haben sie auch die Alchemie und die Naturwissenschaften, so weit sie eben vorhanden waren, mit hinweggeführt. Als dann die Chalifate in Spanien entstanden und die Araber die Wissenschaften mit grofsem Eifer pflegten, fand auch die Alchemie Männer, hervorragende Gelehrte, welche sich eingehend mit ihr beschäftigten. Es sei hier nur einer genannt, Abu Mussah Dschafar al Sofi oder Geber, wie er von den späteren abendländischen Alchemisten genannt wurde. Er lebte im 8. Jahrhundert als Arzt zu Sevilla in Spanien. Er war ein bedeutender Chemiker, wir verdanken ihm z. B. das Wasserbad, die Anwendung des Sublimirens, Filtrirens und Krystallisirens in der Chemie, ferner verbesserte er die Destillirapparate, beschrieb die Darstellung einiger Metalloxyde und kannte eine ganze Reihe von Metallen und Verbindungen, sowie von chemischen Processen; so finden wir bei ihm zuerst eine deutliche Beschreibung der Darstellung einiger Säuren, der Schwefelsäure, Salpetersäure und des Königswassers. Geber nahm an, dafs alle Metalle aus Schwefel, Quecksilber und wohl auch Arsenik bestehen. Diese Grundstoffe, und zwar hauptsächlich Schwefel und Quecksilber, sind nach seiner Ansicht in den verschiedenen Metallen in verschiedenen Mengenverhältnissen vorhanden; um die Metallverwandlung zu bewirken, mufs man also danach streben, ihnen an Quecksilber, resp. Schwefel das hinzuzufügen, „was ihnen fehlt, oder das von ihnen fortzunehmen, was im Ueberschufs vorhanden ist". Freilich verstand Geber unter Schwefel und Quecksilber nicht immer Schwefel und Quecksilber im heutigen Sinne, sondern unter dem Schwefel der Metalle verstand er den Träger der Verbrennbarkeit mancher dieser Körper und das Quecksilber der Metalle erschien ihm als Träger der Schmelzbarkeit und des Glanzes. Zur praktischen Ausführung der Metallveredlung sind nun nach ihm gewisse Mittel, oder „Medizinen", wie er dieselben nannte, nothwendig. Er unterschied drei Ordnungen derselben; die Medizinen I. Ordnung sind die rohen Natur-

produkte, sie bewirken nur eine vorübergehende Veränderung der Metalle; die Medizinen der II. Ordnung sind die durch verschiedene chemische Prozesse gereinigten und umgeänderten Medizinen der ersten Art, sie bewirken schon eine theilweise Umwandlung der unedlen Metalle in Edelmetalle. Durch weitere chemische Behandlung der Medizinen der II. Ordnung erhält man endlich die Medizinen der III. Ordnung, nämlich den Stein der Weisen. Erst mit dessen Hülfe kann man nun wirkliche und bleibende Metallverwandlungen ausführen. Dieser Stein der Weisen sollte übrigens auch, wenigstens nach der Ansicht der späteren Alchemisten, ein Universalheilmittel sein. —

Geber war kein Alchemist gewöhnlichen Schlages, er hielt zwar die Metallverwandlung für möglich, aber er that dies auf Grund einer für die damalige Zeit neuen und einleuchtenden Theorie. Auch aus seinen übrigen Ansichten, Arbeiten, Verbesserungen und sonstigen Verdiensten um die Chemie sieht man, dafs man es in ihm schon mit einem Forscher zu thun hat, welchen man mit Recht einen Chemiker nennen kann.

Da Gebers Leistungen und Anschauungen, welche den späteren Alchemisten als Richtschnur dienten, genügend erörtert wurden, so ist es zum allgemeinen Verständnifs der Geschichte der Alchemie nun nicht mehr nothwendig, noch andere arabische Forscher zu besprechen, sondern wir wenden uns gleich zu dem ersten bedeutenderen abendländischen Alchemisten, zu Albertus Magnus, dessen Auftreten in das 13. Jahrhundert fällt.

Albertus Magnus, im Jahre 1193 zu Lauingen in Schwaben geboren, stammte aus dem Geschlechte der Grafen von Bollstädt. Er wurde Priester und zwar Dominikaner, reiste lehrend und predigend im westlichen Deutschland und Frankreich herum, wurde schliesslich Bischof von Regensburg, blieb es aber nur 5 Jahre und ging dann in das Dominikanerkloster zu Köln, um sich seinen Arbeiten ganz widmen zu können. Daselbst hat er noch 15 Jahre gelebt; er starb 1280 in dem hohen Alter von 87 Jahren. Albertus Magnus ist wegen seiner vielseitigen Kenntnisse der Leibnitz des Mittelalters genannt worden. Er vereinigte in sich nicht nur sämtliche Kenntnisse, welche die damalige Zeit in den Naturwissenschaften besass, sondern er beherrschte auch die Theologie, die Philosophie und die Heilkunde. Was seine chemischen Ansichten anbetrifft, so waren sie insofern von denjenigen seiner Vorgänger und Nachfolger abweichend, als er als Bestandtheile der Metalle nicht nur Schwefel und Quecksilber, sondern auch noch das Wasser annahm. Er blieb jedoch mit dieser Annahme

immer vereinzelt stehen. Albertus Magnus beschäftigte sich, wie schon gesagt, nicht nur mit der Alchemie, sondern mit dem Studium aller Naturwissenschaften und empfahl das letztere auch als ein Mittel, um die Täuschungen der Magier und betrügerischen Alchemisten aufzudecken. Seine einzelnen chemischen Kenntnisse hier aufzuzählen, hat keinen Zweck, erwähnt sei nur, dafs er glaubte, am leichtesten liefse sich das Gold aus dem Silber herstellen, bei letzterem brauche man nur die Farbe und das Gewicht zu ändern, um es in Gold umzuwandeln. Albertus Magnus genofs, trotz seiner in der damaligen Zeit so verfänglichen naturwissenschaftlichen Kenntnisse, auch bei der Geistlichkeit den Ruf eines rechtgläubigen und edlen Mannes.

Um dieselbe Zeit, in welcher in Deutschland Albertus Magnus wirkte, tauchte auch in England ein ebenfalls sehr berühmt gewordener Alchemist, Roger Baco, auf. Er wurde im Jahre 1214 in der Grafschaft Sommerset geboren. Nachdem er zu Oxford und Paris Studien getrieben, trat er in den Franziskaner-Orden und begann öffentlich zu lehren. Roger Baco war ein sehr aufgeklärter Kopf und besafs, wie Albertus Magnus, ein äufserst vielseitiges Wissen. 1264 schrieb er ein Werk, worin er heftig gegen die Möglichkeit der Zauberei auftrat und ebenso wie Albertus Magnus die Naturerkenntnifs als einziges Mittel betrachtete, mit Hülfe dessen man im Stande sei, den Wunderglauben, zumal des unwissenden Volkes, zu zerstören. Solche freie Meinungsäufserungen, sowie seine, der Geistlichkeit verdächtig erscheinenden bedeutenden Kenntnisse und Erfahrungen in den Naturwissenschaften, brachten ihn aber selbst in den Ruf eines Schwarzkünstlers und mit dem Teufel Verbündeten. Infolgedessen wurde er von den unwissenden Dienern der Kirche, wie dies ja vor und nach ihm so vielen andern grofsen und freien Geistern auch erging, hart verfolgt und von seinen Ordensbrüdern eingekerkert. Durch ein Machtwort des damaligen Papstes, Clemens IV., wieder befreit, wurde Roger Baco nach dessen Tode von seinen fanatischen Feinden wiederum ins Gefängnifs geworfen, und zwar dauerte seine Einkerkerung diesmal 10 Jahre. — Indem er, gegen den Wunderglauben seiner Zeit eifernd, die Möglichkeit der Zauberei bestritt, war er seinen Zeitgenossen um mehrere Jahrhunderte voran geeilt. Allein er wurde umsonst zu einem Märtyrer seiner vernünftigen Ansichten, noch durch ein halbes Jahrhundert hindurch sollte der Aberglaube, Dank der Bornirtheit der geistlichen und auch der weltlichen Gerichte, von der Menschheit in Form der Hexenprozesse die fürchterlichsten Opfer fordern. — Das Volk und die späteren Alchemisten nannten Roger

Baco wegen seiner, ihnen zum Theil wunderbar erscheinenden Leistungen, hauptsächlich auf dem Gebiete der Mechanik, den „Doctor mirabilis". Er ist wahrscheinlich im Jahre 1294 gestorben.

Durch eigene praktische Arbeiten hat er die Chemie weniger gefördert, wohl aber dadurch, dafs er als ein bedeutendes Mittel der Forschung die zielbewufste Anstellung von Experimenten empfahl. Man pflegt gewöhnlich anzunehmen, dafs die Wichtigkeit der Erfahrung und des Experimentes für die Naturwissenschaften zum ersten Male von Francis Bacon richtig erkannt und öffentlich hervorgehoben worden sei. Dem ist also nicht so. Nicht nur Roger Baco, sondern auch noch zahlreiche andere Alchemisten und Chemiker, welche noch vor dem Auftreten Francis Bacons wirkten, vertraten die aufserordentliche Wichtigkeit der experimentellen Forschungsmethode.

Als dritter bedeutender Alchemist dieser Epoche sei Arnoldus Villanovanus genannt. Er führte ebenso wie sein noch berühmter gewordener Schüler Raymundus Lullus ein unstetes und bewegtes Leben. Villanovanus wurde ums Jahr 1235 geboren. Er studirte in Barzelona die Heilkunde, nebenbei beschäftigte er sich mit Alchemie, Astrologie und Magie. (Es sei nicht vergessen, dafs die Zeit vom 13. bis zur Mitte des 16. Jahrhunderts die grofse Blüthezeit der geheimen Wissenschaften war.) Infolge seiner Weissagungen, welche den Tod des Königs Peter von Aragonien und den Untergang der Welt betrafen, wurde er in den Bann gethan und hatte nun nirgends mehr Ruhe. Schutz fand er erst im Jahre 1296 in Sizilien bei dem aragonischen König Friedrich II. Im Jahre 1313 fand er den Tod bei einem Schiffbruch, als er von Sizilien aus nach Avignon segeln wollte, um dem daselbst schwer krank liegenden Pabst Clemens V. mit seiner ärztlichen Hülfe beizustehen. Arnoldus Villanovanus war ein Anhänger der chemischen Lehren Gebers und war von der Möglichkeit der Herstellung des Steins der Weisen fest überzeugt; sein Hauptverdienst besteht in der Herstellung und Anwendung neuer chemischer Präparate zu Heilzwecken.

Noch bewegter gestaltete sich das Leben des Raymundus Lullus, eines Mannes, welcher Jahrhunderte lang bei den Alchemisten den höchsten Ruf genofs. Aus diesem Grunde sammelte man sorgfältig alles, was man über seine Schicksale und die seiner Lehrer, des Roger Baco und Arnoldus Villanovanus, erfahren konnte. Diesen biographischen Bemühungen der späteren Alchemisten verdanken wir unser Wissen über die drei ebengenannten bedeutenden

Vertreter der abendländischen Alchemie und somit auch einen interessanten Einblick in die Kulturzustände der Jahrhunderte, welche der neuen Zeit vorangingen und in welchen die empirische Forschung ihren Kampf mit den unfruchtbaren, blofsen philosophischen Spekulationen begann. Wir sehen, wie schon einige aufgeklärtere Männer, wie Albertus Magnus und Roger Baco, mit Energie die Waffe der Naturkenntnifs gegen die finsteren Gebäude des Wahns und Unverstandes, gegen die Nekromantie und Magie, in Anwendung brachten. — Doch zurück zu Raymundus Lullus. Er wurde um das Jahr 1235 auf Majorka geboren. Bis zu seinem 30. Jahre lebte er am aragonischen Hofe, wo er sein Vermögen in wüsten Ausschweifungen durchbrachte. Ungefähr in seinem 30. Jahre erfafste ihn Ekel vor seinem bisherigen Leben, und nun widmete er sich mit Eifer den Wissenschaften, erlangte auch nach einem ungefähr zehnjährigen Studium an der Pariser Universität die Doctorwürde der Theologie und trat sodann in den Minoritenorden ein. In Paris ist er wahrscheinlich auch mit Roger Baco bekannt geworden, später lernte er auf einer Reise auch Arnoldus Villanovanus kennen, beiden hat er jedenfalls seine alchemistischen Kenntnisse zu verdanken. Raymundus Lullus unternahm für die damalige Zeit ganz ungeheure Reisen, so durchstreifte er Deutschland, Italien, England, Cypern, Armenien, Palästina und andere Länder. Später fafste er den Plan, das heilige Land den Händen der Muhamedaner zu entreifsen und diese selbst zu bekehren. Zu diesem Zwecke ging er mehrmals nach dem Orient, einmal wurde er auch gefangen genommen, floh aber wieder oder wurde losgekauft und kehrte nach Europa zurück. Sein Eifer liefs ihn jedoch nicht lange ruhen, im Jahre 1315 ging er, wiederum zu Bekehrungszwecken, nach Tunis; hier erreichte ihn aber sein Schicksal, er wurde zu Tode gesteinigt. Sein Leichnam soll von christlichen Kaufleuten nach der Insel Majorka, seinem Geburtsorte, gebracht worden sein, woselbst man ihn begrub. Auf dem Leichensteine wurden die Thaten und Fahrten kurz erwähnt. Uebrigens hat sich die Sage seiner Persönlichkeit bemächtigt; sie erzählt, dafs er in Tunis nicht zu Tode gesteinigt, sondern noch lebend nach Europa zurückgebracht worden sei und hier genesen sein soll, darauf habe er sich noch lange Zeit mit der Darstellung des Steins der Weisen beschäftigt und sei endlich verschollen.

Seine theoretischen Ansichten waren im grofsen und ganzen wohl diejenigen Gebers, nur lehrte er, dafs nicht nur die Metalle, sondern alle Körper aus Quecksilber und Schwefel beständen. Die

zahlreichen Schriften, welche er hinterlassen hat, (übrigens durchaus nicht alle chemischen Inhalts und viele von zweifelhafter Echtheit,) sind äufserst dunkel und reich an unsinnigen Uebertreibungen; es geht aber doch aus ihnen hervor, das Raymundus Lullus die chemischen Kenntnisse und Erfahrungen seiner Zeit wohl voll und ganz besafs. Er lehrte die Darstellung des Steins der Weisen und behauptete, dafs er ungeheure Mengen unedlen Metalles in Gold zu verwandeln vermöge, auch hielt er ihn für ein alle Krankheiten heilendes, lebenverlängerndes Arzneimittel. Es sind von Lullus aber vor allen Dingen manche praktische Leistungen auf dem Gebiete der Chemie hervorzuheben. So rieth er z. B. bei gewissen Destillationen die Vorlage in einer Schale mit kaltem Wasser zu kühlen; er kannte den Weingeist und war mit seiner Reinigung durch wiederholte Destillation und Entwässern mit kohlensaurem Kali vertraut. Ferner kannte er das kohlensaure Ammoniak, den Markassit, Essenzen etc. Besonders empfahl er das zuerst von Geber angegebene Mistbad, es war dies eine Vorrichtung, um gelinde Wärme zu benutzen, man setzte einfach das zu erwärmende Gefäfs in Rofsmist. Das Mistbad wurde auf seine Empfehlung hin von seinen Nachfolgern viel benutzt. Als Kuriosum sei erwähnt, das Lullus auch alle Edelsteine darstellen zu können glaubte, und zwar aus verschiedenen erdigen Wässern.

(Fortsetzung folgt.)





Der hohe Sonnblick.

Von Dr. **Heinrich Samter** in Berlin.

(Schlufs.)

IV.

Bekanntlich erweist sich die Luft nicht blos zur Zeit der gewaltigen elektrischen Erscheinungen, also bei Gewittern, mit Elektrizität behaftet, sondern auch bei wolkenlosem Himmel und völliger Windstille gelingt es leicht, einen Gehalt von positiver Elektrizität in der Luft nachzuweisen. Aber die Spannung wechselt mit der Zeit und mit dem Orte, sowie mit der Beschaffenheit der Atmosphäre. Vor allem aber nimmt dieselbe beträchtlich zu, wenn man den messenden Apparat mit immer höheren Schichten der Lufthülle leitend verbindet. Herr Exner hat zuerst die Forderung gestellt, bei den Beobachtungen über atmosphärische Elektrizität jene Tage, die man als normal ansehen mufs, also heitere, trockene und gewitterlose Tage von denjenigen zu trennen, die ein anomales Verhalten zeigen, also von den Regentagen und den Gewittertagen, an denen die Elektrizität ihre Stärke bis zu unmefsbaren Beträgen zu steigern und ihr Vorzeichen häufig zu wechseln pflegt. Auch bei der Betrachtung der elektrischen Erscheinungen auf dem Sonnblick wollen wir diese Trennung zu Grunde legen. In der Ebene weist die Spannung der Elektrizität an normalen Tagen für verschiedene Orte einen verschiedenen Gang auf; das haben jahrelang durchgeführte Messungen von Herrn Exner in Wien, in St. Gilgen und auf Ceylon, sowie der Herren Elster und Geitel in Wolfenbüttel u. a. zur Evidenz gebracht. Es hat sich aber ein entschiedener Zusammenhang ergeben zwischen dem jeweiligen Betrage der elektrischen Spannung und dem Feuchtigkeitsgrade der Luft, so zwar, dafs ein gröfserer Betrag der letzteren eine geringere Spannung bedingt. Daher findet sich in den Sommermonaten der Werth dieser Spannung weit unter den Betrag herabgedrückt, den sie an kalten, trockenen Wintertagen erreicht. Auf einem hohen Berge darf man schon deshalb einen viel höheren Betrag dieser

Gröfse erwarten, weil die elektrische Spannung der Luft als scheinbare Wirkung der stark negativ elektrischen Erde zu denken ist, und die elektrische Spannung jedes Körpers ja an Hervorragungen zunimmt. Andererseits wird man sich aber auf hohen Bergen viel mehr von den lokalen Einflüssen befreien, die dem Gang der Elektrizität für jeden Ort in der Ebene ein eigenthümliches Gepräge geben. Es steht also zu erwarten, dafs der tägliche Gang der Spannung auf Bergen sich viel gleichmäfsiger vollziehe, als hier unten; und so war es vielleicht möglich, durch Messungen auf Bergeshöhen noch andere Faktoren aufser dem Feuchtigkeitsgehalte der Luft festzustellen, welche den Gang dieser Gröfse beeinflussen. Von diesem Gesichtspunkte aus hat zuerst Herr Exner das Elektroskop auf dem Schafberg bei St. Gilgen verwendet, nachdem es ihm gelungen war, am Fufse des Berges den täglichen Gang der Luft-Elektrizität festzustellen. Die Herren Elster und Geitel beabsichtigten, während ihres Aufenthaltes auf dem Sonnblick ähnliche Messungen anzustellen. Einer von ihnen sollte gleichzeitig in Kolm Saigurn beobachten. Aber der Durchführung dieses Planes stellte sich die unberechenbare Hochgebirgsnatur entgegen, welche die entsprechenden Beobachtungen in Kolm Saigurn werthlos machte. Dieser Ort wies nämlich — aller Erfahrung hohnsprechend — auch an den heitersten Tagen eine hohe negative Spannung auf. Es gelang ihnen wenigstens, die Störenfriede, welche die Beobachtungen unbrauchbar machten, zu entdecken und für alle Zukunft an den Pranger zu stellen. Die Zerstäubung des Wassers in dem elektrischen Kraftfelde der Erde ist — wie einfache physikalische Versuche zeigen — eine reichlich fliefsende Elektrizitätsquelle, und vom Staubbach bei Lauterbrunnen in der Schweiz war es auch bereits bekannt, dafs er in seiner Umgebung eine hohe negative Spannung hervorruft. Auch liefs sich durch Annäherung des Elektroskops in Kolm die Schuld der Wasserfälle ohne weiteres feststellen. Beim Aufsteigen zum Sonnblick ergab sich zuerst eine Zunahme der negativen Spannung an dem vom Goldberggletscher gespeisten Wasserfalle, die erst beim Maschinenhause (600 m. über Kolm) auf Null herabging, und nun ein fortwährend wachsender positiver Werth jener Spannung, bis sie auf dem Gipfel zu hoch wurde, um ohne besondere Vorrichtungen noch mefsbar zu sein. Oben erweist sich die Luft an klaren Tagen stets positiv elektrisch. Das Ergebnis der Beobachtungen auf dem Sonnblickgipfel war zweifellos das, dafs im Verlaufe der wenigen Tage, die zur Verfügung standen, ausgeprägte Maxima und Minima, wie in der Ebene sich nicht zeigten. Der Verlauf der Spannung ist

— wie Fig. 2 zeigt — völlig gleichmäfsig, wenn man ihn neben jenen von St. Gilgen stellt, den wir hinzugesetzt haben, weil ja der Vergleich mit der eigentlichen Thalstation Kolm vereitelt war. Somit sind jene Extreme als Eigenthümlichkeiten der Ebenen- und Thal-Stationen anzusehen, und und es ist ihre Erklärung aufser in dem Gange der Feuchtigkeit zum Theil vielleicht noch aus jenen lichtelektrischen Wirkungen zu erlangen, die bei hohem Sonnenstande natürlich bedeutender sind. Es ist übrigens interessant zu bemerken, dafs die elektrische Spannung auf dem Sonnblick ungefähr eine solche Intensität besitzt, wie sie in der Ebene nach Herrn Exners Theorie nur dann eintreten würde, wenn aller Wasserdampf aus der Atmosphäre zur Condensirung gebracht wäre.

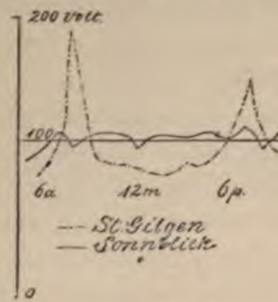


Fig. 2

Unter denjenigen Tagen, an denen der Gang der Elektrizität sich anomal erweist, sind besonders die mit gewitterhaftem Charakter interessant. Die Erscheinungen eines Gewitters sind eben auf einem Hochgipfel grofsartiger und doch wieder einfacher. Folgen wir einem Berichte, den Herr Trabert darüber giebt, der als Assistent des Herrn Pernter im Sommer 1888 vier Wochen auf dem Sonnblick zubrachte: „Der Eindruck, den sonst ein Gewitter in der Ebene macht, fehlt vollständig; man sieht keine dunkeln Wolken herankommen, man hört nicht — wie sonst — schon längst vorher den Donner, man fühlt keine Gewitterschwüle, und wäre man nicht durch das Telephon vorbereitet, so würde man über den ersten intensiven Blitzschlag höchlichst überrascht sein. Das Telephon giebt aber schon zeitig Morgens fast vollkommen verläfsliche Anzeichen eines erst Nachmittags eintretenden Gewitters. In diesem macht sich — zur Winterszeit kaum seltener als im Sommer — öfters ein schwaches Knistern vernehmbar, das sich immer weiter steigern kann, bis die Verständigung unmöglich wird, zwischen den eingeschalteten Blitzplatten Funken überspringen und häufig auch die Glocken von selbst zu läuten anfangen. Dann ist es Zeit, das Telephon ganz auszuschalten, weil es vorgekommen ist, dafs die elektrische Entladung den Wickelungsdraht fortschmolz, also die Leitung unbrauchbar machte. Das Haus hüllt sich in Nebel und das Gewitter bricht los; Graupel- und Hagelkörner schlagen an die Fenster und meist schlägt es in den Blitzableiter ein.“ Der Donner ist dabei verglichen mit dem der Ebene, äusserst schwach,

dagegen wird nach dem Einschlagen des Blitzes das Haus so heftig gerüttelt, als ob ein Erdbeben stattfände. Am 14. Juli erfolgte Abends eine Entladung vollkommen ohne Donner; als ich gerade am Fenster stand, ging eine riesige Feuersäule unmittelbar vor demselben nieder, begleitet von einem prasselnden Geräusch, etwa so, als ob etwas vom Dache heruntergeschüttelt würde". Nach Aussage des Beobachters Peter Lechner kommt es jedoch auch vor, besonders im Hochsommer, dafs das Einschlagen des Blitzes mit sehr heftigem Krachen verbunden ist. Einmal berichtet der Beobachter vom 31. März 1888, $8^1/_2$ Uhr Abends: „Während in den Thälern schwarzer Nebel lag mit zeitweisem Wetterleuchten, waren die Berge — wie der Glockner — ganz frei. Beiläufig zehn Sekunden nach dem Wetterleuchten sprangen scheinbar aus den Bergesspitzen, ganz so wie Raketen, feurige Punkte mit Hinterlassung eines feurigen und lichten Streifens im Bogen, und es war, als ob dieselben in einen naheliegenden Berg ein- oder hinfuhren. Das wurde beiläufig zwanzig Minuten hindurch beobachtet."

Während der Gewitter sowohl, wie auch bei anderen Gelegenheiten, zeigt sich auf dem Sonnblick eine eigenthümliche elektrische Erscheinung, die, zwar auch sonst bekannt, doch ihre sonderbare Natur erst dort oben ganz und gar offenbart zu haben scheint: das Elmsfeuer. Bereits im Alterthum hat man an scharfkantigen Gegenständen, wie Helmspitzen, Pferdeohren und Baumzweigenden, bei Nacht manchmal kleine, büschelartige Flämmchen wahrgenommen, welche mit leisem Rauschen verbunden waren. Auf offenem Meere sah man diese Flämmchen auch wohl an ebenen Gegenständen. Dafs sie auch auf Bergen auftreten, wird erst in neuester Zeit berichtet, und zwar zuerst von Saussure bei einer Bergbesteigung im Wallis. Der Begleiter Saussures, der zuerst den Gipfel betrat, schien in diesem Augenblicke von einer Strahlenkrone umgeben. Auf dem Sonnblick treten Elmsfeuer sehr häufig auf; sichtbar sind sie freilich nur, wenn sie Nachts in die Erscheinung treten. Am Tage machen sie sich durch ein eigenthümliches Sausen und Knistern wahrnehmbar. Man kann sich kaum etwas Prächtigeres denken, als wenn plötzlich das ganze Haus, besonders seine hervorragenden Theile, die emporgehaltenen Fingerspitzen und die Köpfe der anwesenden Personen, sowie die Felsspitzen in intensivem Licht zu strahlen anfangen. Ein schwaches Bild mag der verehrte Leser aus der beigegebenen Zeichnung erhalten.[3])

[3]) Eine Idee von der Art der Erscheinung mögen die Flämmchen geben, die den Spitzen des dem Konduktor einer Elektrisirmaschine aufgesetzten Blitzrades entströmen.

Dafs Elmsfeuer auf Sonnblickhöhe keine seltene Erscheinung sein kann, mag daraus ersehen werden, dafs die Herren Elster und Geitel bei ihrem einwöchentlichen Aufenthalte dort oben an drei Tagen Elmsfeuer beobachteten, während meistens gleichzeitig im Thale Gewitter niedergingen. Sie hatten bei einer früheren Anwesenheit das charakteristische Rauschen des Elmsfeuers an den Verankerungsstangen und an allen Spitzen und Ecken des Gebäudes wahrgenommen, und es war ihnen gelungen, zum ersten Male ein solches Elmsfeuer als von negativer Elektrizität herrührend, mittelst des Elektroskopes nach-



Fig. 3. **Elmsfeuer auf dem Sonnblick.**

zuweisen. Alle bis dahin bekannten — abgesehen von einem durch Peter Lechner beobachteten, welches wahrscheinlich auch negativ war — hatten sich als der positiven Elektrizität angehörig erwiesen. Ist ein Elmsfeuer sichtbar, so mufs auch ohne besondere Vorrichtungen entschieden werden können, ob es vom Ausströmen positiver oder negativer Elektrizität herrühre. Man braucht hierzu nur an die bei Influenzmaschinen auftretenden Büschel zu denken. Die positiven (s. Fig. 4) sitzen auf einem röthlichweifsen Stiel (Herr von Obermayer, Elmsfeuer in den Alpen. Ztschr. des D. u. Ö. Alpenvereins 1889), der sich in die Büschel fortsetzt. Die Strahlen der Büschel sind aufserordentlich fein, wenig gekrümmt, divergent und gegen das Ende violett, der Oeffnungswinkel ist ein rechter und die Strahlen haben eine Länge von $1^1/_2$ bis 6 Centimeter; die negativen Büschel (s. Fig. 5) sitzen auf einem feinen Lichtpunkte und sind so zart, dafs ihre Fäden

untrennbar zusammenhängen, ihr Oeffnungswinkel beträgt weniger als 45°.

Bei ihrem vorjährigen Aufenthalte auf dem Sonnblick haben die Herren Elster und Geitel während der Elmsfeuer-Erscheinungen fortwährend die Spannung der Luftelektrizität ihrem Zeichen nach bestimmt (die Gröfse derselben liefs sich mit den vorhandenen Apparaten nicht messen, sondern nur schätzen). Ein danach angefertigtes Diagramm zeigt Fig. 6; es läfst erkennen, dafs der Grad und das Zeichen



Fig. 4.



Fig. 5.

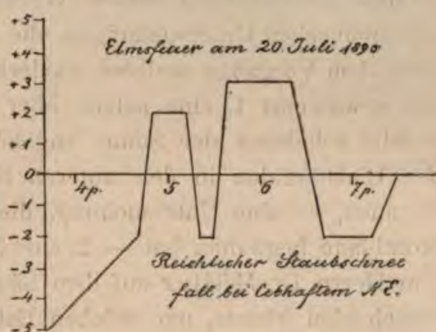


Fig. 6.

der ausströmenden Elektrizität auch während desselben Elmsfeuers, das etwa $3^1/_2$ Stunden anhielt, wechselten. Mit diesem Wechsel geht aber — worauf zuerst Peter Lechner aufmerksam gemacht hat — bei Gewittern ein Farbenwechsel der Blitze nebenher: nach bläulichen Blitzen tritt negatives, nach röthlichen positives Elmsfeuer ein. Dabei machten die rothen Blitze bei den Gewittern vom 20. Juli 1890 den Eindruck, als ob sie die Felsen des Nordabsturzes trafen, und demnach würde die Farbe der Blitze davon abhängen, ob der Erdboden den positiven oder den negativen Pol der elektrischen Entladung bildet.

Der Zusammenhang zwischen dem Vorzeichen des Elmsfeuers und der Farbe der Blitze bedarf aber noch fernerer Aufklärung. Das Instrument, welches bei den Messungen diente, war Exners transportables Elektroskop. Mit einem eben solchen, das oben vorhanden ist, hat der Beobachter Peter Lechner im Auftrage der Herren Elster und Geitel seitdem — mit kurzer Unterbrechung — bis heute die Messungen sowohl an klaren Tagen, als auch während der häufigen Gewitter fortgesetzt und auch die Vorzeichen der Elmsfeuer mit dem Elektroskop fortwährend bestimmt. Diese fortlaufenden genauen Messungen sind höchst dankenswerth, da bisher auf hohen Berggipfeln nur vereinzelte Aufzeichnungen über die elektrischen Erscheinungen

gemacht sind.[4]) Eine zusammenfassende Untersuchung über diese Beobachtungen steht noch aus, sie wird offenbar wesentlich zur Förderung unserer Kenntnisse über die Natur der atmosphärischen Elektrizität beitragen, und die mannigfachen Räthsel, welche uns dieselbe noch zu rathen giebt, erscheinen ihrer Lösung wenigstens um einige Schritte näher gerückt.

Es ist von jenem Hause auf einsamer Bergeshöhe — wenn nur alle Kräfte zusammenwirken, um sein Bestehen zu sichern — noch so manche Bereicherung unseres Wissens von der Natur zu hoffen. Von astronomischen Untersuchungen, die hier vielleicht neu angestellt oder nach dem Vorgange anderer wiederholt werden könnten, möchten wir nur erwähnen: 1. eine solche über diejenigen Linien des Spektrums, welche scheinbar der Sonne angehören, aber erst durch Absorption der Lichtstrahlen in den unteren Schichten der Atmosphäre hineinkommen, — eine Untersuchung, die Herr Janfsen am Abhange des Montblanc begonnen hat — 2. eine Messung der Sterngröfsen, wie sie von Herrn Dr. Müller auf dem Säntis ausgeführt wurde, und welche entscheiden könnte, um welchen Betrag die Intensität des Lichtes verschieden heller und verschiedenfarbiger Sterne durch die Absorption der unteren Luftschichten herabgesetzt wird — 3. eine Untersuchung, in welchem Mafse die chemischen Wirkungen des Lichtes dort oben sich vergröfsern, ob in demselben Mafse wie seine elektrischen Wirkungen oder in einem anderen. Diese Probleme erschöpfen offenbar nicht die Fülle derjenigen, die dort oben in Angriff genommen werden können, sie sollen nur als Beispiel dienen. Wir wünschen der Sonnblickwarte langjähriges Bestehen, glückliche Erfolge den Arbeiten, die in Zukunft Forscher auf dem Tauerngipfel ausführen werden.

Nachtrag.

Seit der Abfassungszeit des vorstehenden Artikels sind uns noch einige Mittheilungen über die Eigenthümlichkeiten der Tauernwarte bekannt geworden. Die erste betrifft das Mafs der dort fallenden Niederschläge. Zwar beschränken sich die Beobachtungen erst auf den Zeitraum eines einzigen Jahres, aber sie lassen erkennen, dafs es etwa acht mal soviel schneit als regnet, und im ganzen in der Höhe von 3 km die Niederschläge doppelt soviel als in derjenigen von 1 km betragen.

Die zweite ist die Anzeige einer gröfseren Arbeit, die Herr Trabert über den Gang der Temperatur dort oben veröffentlichen

[4]) Eine neulich in „La lumière électrique“ bekannt gegebene, dahin gehende Forderung erscheint somit verspätet.

wird, wie ihn die registrirenden Appärate anzeigen. Die Resultate, zu denen Herr Trabert dabei gelangt ist, bedeuten einen grofsen Fortschritt der meteorologischen Wissenschaft. Woher erhält die Luft ihre Wärme? Man stelle sich die Antwort auf diese Frage nicht so leicht vor. Offenbar ist der Ursprung der Wärme der Luft wie derjenigen der Erdoberfläche in der Sonne zu suchen, aber es ist bekannt, dafs die Sonnenstrahlen auf ihrem Wege zur Erde nur verhältnifsmäfsig wenig von ihrer wärmenden Kraft verlieren, weil die Lufttheilchen nicht die Fähigkeit besitzen, die ihnen zugestrahlte Wärme leicht zu verschlucken. Vielmehr wird erst der dazu viel fähigere Erdboden in hervorragender Weise durch die Zustrahlung erhitzt, dieser theilt den unteren Luftschichten seine Wärme durch Leitung mit, und die dadurch ausgedehnte Luft führt emporsteigend immer höheren Schichten der Atmosphäre ihre Wärme zu. Man nennt diese Art von Wärmezufuhr die Convection und jenen aufsteigenden Luftstrom den Convectionsstrom. Sein Vorhandensein wird durch die Sonnblick-Messungen zur Evidenz gebracht. Denn wie sollte es sonst erklärt werden, dafs das tägliche Maximum der Temperatur auf Gipfelstationen viel später als in der Ebene eintritt, auf Sonnblickhöhe am allerspätesten? Der Convectionsstrom braucht eben Zeit, um den 3 km weiten Weg zurückzulegen. Es gelingt sogar mit grofser Genauigkeit, ziffernmäfsig den Antheil festzustellen, welchen die Convection und die Absorption an der Hervorbringung der Temperatur haben, es zeigt sich, dafs die erstere selbst in so grofser Entfernung von der Ebene wie auf dem Sonnblick noch immer das dreifache von der letzteren ausmacht, während in Kolm Saigurn jenes Verhältnifs zehn zu eins beträgt. So liefern jene Beobachtungen einen direkten Beweis dafür, dafs die Luftwärme ihre nächste Quelle im Erdboden besitzt, und demnach mit wachsender Höhe abnehmen mufs. In zweiter Linie ward ein Gesetz gefunden, welches die Fähigkeit der Ausstrahlung warmer Luft gegen kalte betrifft. Es zeigte sich, dafs diese Fähigkeit ganz unabhängig von der Dichte der warmen Luftmasse und wahrscheinlich der Temperaturdifferenz direkt proportional sei, so dafs jenes Gesetz über die Ausstrahlung einen sehr einfachen Charakter annimmt. Das fernere Ergebnifs, dafs „heitere Tage auf dem Sonnblick das ganze Jahr hindurch um 1° bis 2° wärmer schliefsen, als sie beginnen, und umgekehrt die trüben Tage,“ liefert in Verbindung mit neuen Untersuchungen des Herrn Hann[5]), denen wir uns sofort zu-

[5]) Dieselben sind dem Verfasser leider nur durch ein Referat in der Met. Ztsch. Nov. 91 zugänglich gewesen.

wenden wollen, einen Beweis für jene noch immer bestrittene „Thatsache, dafs wir es bei den Barometermaximis mit einer absteigenden, bei Minimis mit einer aufsteigenden Luftbewegung zu thun haben."

Herr Hann geht von einer Untersuchung der Verhältnisse aus, unter denen auf dem Sonnblickgipfel die monatlichen Maxima und Minima des Luftdruckes eintreten und findet, dafs die ersteren wenigstens während „des Winterhalbjahres mit hoher Temperatur, geringer Feuchtigkeit und sehr geringer Bewölkung verknüpft sind, während gleichzeitig in der Thalstation Ischl die Temperatur vergleichsweise niedriger, die Luft feuchter und der Himmel stärker bedeckt zu sein pflegte." Dasselbe Resultat ergab sich noch viel ausgeprägter, sobald nur jene Maxima benutzt wurden, bei denen der Sonnblick sich in der Mitte eines jener länderumfassenden, wetterbeherrschenden, winterlichen Gebiete hohen Luftdrucks — Anticyclonen nennen sie die Wetterkundigen — befand. Hieraus ergiebt sich nun, dafs die Anticyclonen trotz der grofsen Kälte, die oft in ihrem Grunde an der Erdoberfläche herrscht, im ganzen genommen einen relativ warmen Luftkörper besitzen; die Heiterkeit, geringe Feuchtigkeit und hohe Temperatur in gröfseren Höhen — wahrscheinlich auch in noch gröfseren als der Sonnblickhöhe — weisen aber darauf hin, dafs den Anticyclonen eine absteigende Luftbewegung eignet. Im Sommerhalbjahr zeigt sich dieselbe Erscheinung, obwohl nicht so ausgeprägt. Auch dann ist innerhalb eines Barometermaximums die Temperatur in Ischl und auf dem Sonnblick vergleichsweise hoch, also der Luftkörper, der dazwischen liegt, von einer abnormen Wärme. Wenn Herr Trabert zeigt, dafs nach heiterern Tagen selbst in den Nachtstunden sich das Vorhandensein einer Wärmequelle erkennen läfst, so liegt das offenbar nicht mehr an der Sonnenstrahlung, sondern daran, dafs in diesen Fällen der Sonnblick im Gebiete anticyclonaler Luftbewegung liegt, die sich als absteigender warmer Convectionsstrom charakterisirt. Die heiteren Wintertage, die in der Ebene so kalt zu sein pflegen, sind auf Sonnblickhöhe gerade die wärmsten. Es gelang Trabert sogar, aus dem Unterschiede der Mitternachtstemperatur und derjenigen des Vortages die mittlere Geschwindigkeit jener absteigenden Bewegung, wie sie an heiteren Tagen stattfindet, zu berechnen: er erhielt für den Sonnblick eine solche von 11 m in der Stunde, für Kolm Saigurn nur noch 7 m, und es braucht kaum hinzugefügt zu werden, dafs die Geschwindigkeit der absteigenden Bewegung in der Niederung sich als verschwindend erweist.

Umgekehrt pflegt niedriger Luftdruck in Sonnblickhöhe, wie in

Ischl, mit niedriger Temperatur, grofser Feuchtigkeit und starker Bewölkung verbunden zu sein. Die Depressionen erwiesen sich als relativ kalte Gebiete von mindestens 3 km Höhe. — Diese Resultate sind einigermafsen überraschend — wenn Hann sie auch bereits bei Gelegenheit einer früheren Untersuchung ausgesprochen hatte — weil wir während eines Barometermaximums wenigstens im Winter auf Kälte gefafst zu sein pflegen. Aber diese Kälte ist in Höhen bis 1 km nur eine indirekte Folge der absteigenden Bewegung, welche heiteren Himmel erzeugt, denn dieser fördert die Ausstrahlung der Wärme des Erdbodens. Im Sommer freilich bringen die Maxima uns schönes, warmes Wetter, weil dann die Einstrahlung bei dem heiteren Himmel die Oberhand hat. Das Umgekehrte gilt für die „trüben“ Depressionen, die im Winter Erwärmung, im Sommer Abkühlung bringen müssen. „Die Temperatur steigt und fällt auf dem Sonnblick zu allen Jahreszeiten mit dem Luftdruck. Das ist ein Verhältnifs, das wenigstens im Winter demjenigen an der Erdoberfläche entgegengesetzt ist.“ Die monatlichen Maxima der Temperatur treten meist innerhalb der Anticyclonen auf, aber auch dann, wenn hoher Druck im Südosten oder Süden, niedriger im Nordwesten und Norden lagert; bei den Wärmeminimis des Winters ist es umgekehrt. Cyclonen, die über Mitteleuropa und besonders über die Ostalpen ziehen, erweisen sich stets in der Höhe von 3000 m als kalt, während der Wind doch dabei gewöhnlich ein südlicher ist.

Die Ursache dieser eigenthümlichen Erscheinungen suchend, werden wir zu denjenigen der Cyclonen und Anticyclonen selbst geführt, und es ergiebt sich, dafs jene Wirbelbewegungen nicht — wie die eine Ansicht lautete — durch verschiedene Erwärmung der Luft entstehen können, sondern vielmehr Erzeugnisse des Polar- und Aequatorealstroms, jener gewaltigen Luftströmungen sind, die schon nach der Ansicht der älteren Meteorologen durch gegenseitigen Kampf die Verschiedenheit der Winde unserer Zonen hervorbringen sollten. Wenn der Wind in manchen Fällen auf dem Sonnblick, in manchen bereits auf dem Säntis von der Depression gegen das Barometermaximum hinwehte, so läfst sich das nach Hann theoretisch nur auf Grund dieser letzteren Ansicht erklären. Wir bedauern, dafs das Ziel unseres Aufsatzes ein näheres Eingehen auf diesen Kampf zwischen den Vertretern der thermischen und der dynamischen Hypothese der Cyclonen nicht gestattet, ein Kampf, der durch die Beobachtungen auf dem Sonnblick und ihre geschickte Verwerthung durch den Wiener Gelehrten zu Gunsten des letzteren entschieden zu sein scheint.



Geringere Temperaturzunahme unter Gebirgen als Beweis für sog. „Bergwurzeln“ und „Massendefekte“.

Von F. M. Stapff.

(Schlufs.)

Resumé.

1. Auf der Nordseite des Gotthard, im Gebiet des Finsteraarhornmassivs und Urserenthals, erfolgt die Wärmezunahme nach der Tiefe rascher, als gewöhnlich in nicht gebirgischem Terrain, so dafs sie eher auf dünnere Kruste schliefsen liefse als auf innere Wülste, wenn nicht schlechte Wärmeleitung des trockenen Gesteins, chemische Prozesse und topographische Eigenthümlichkeiten die Wärmeanomalie erklärten.

2. Im ganzen übrigen Gebirge ist der Wärmezunahmecoefficient zu klein, und würde auf Bergwurzeln schliefsen lassen können, wenn die Abkühlung nicht auf andere Ursachen zurückgeführt werden müfste, nämlich:

a) Beschleunigte Ausstrahlung durch die gröfsere Gebirgsoberfläche und kältere Umgebung. Dieses Moment, welches übrigens auch die nördlichen Sektionen betrifft, hat zur Folge, dafs die Temperatur im Tunnelhorizont um 3° niedriger war, als sie in gleicher Tiefe unter ebener Oberfläche gewesen sein würde, wodurch allein der mittlere Wärmezunahmecoefficient auf 0,867 des normalen herabgesunken wäre.

b) Gröfsere Leitungsfähigkeit nach der Schieferungsrichtung fast seigerer Schichten, besonders im Gotthardmassiv.

c) Wegleitung aus dem Inneren durch percolirendes Wasser und Ausgleichung der Wärme in gröfseren und geringeren Tiefen durch circulirendes. In den 4 Wassergebieten der Tessinmulde ist dadurch die mittlere Gesteinstemperatur (im Tunnelhorizont) um 3,13° unter die berechnete normale gesunken, und die durchfliefsenden Wässer sind immer noch 2° kälter, als das Gestein; und im ersten dieser Gebiete, wo der lokale Zunahmecoefficient nur noch 0,63 des normalen beträgt,

sind 0,237 des Verlustes auf Rechnung des Wassers, 0,133 auf jene gröfserer Strahlung (a) zurückzuführen. Aehnliches gilt vom Gotthard-massiv, wo die Wasserverhältnisse aber verwickelter, ihre Effekte weniger leicht zu übersehen sind.

3. Da diese Ursachen zur Erklärung eines kleinen Wärmezunahme-coefficienten genügen, so liegt kein Grund vor, nach weiteren zu suchen und als solche z. B. auch innere Wülste der Erdrinde unter dem Gebirge vorauszusetzen; damit verfällt die beweisende Kraft des niedrigen Wärmezunahmecoefficienten im Gotthard für „Bergwurzeln" und „Massendefekte".

4. Die beschleunigte Abkühlung eines Gebirges durch gröfsere Oberflächenstrahlung und durch Percolation kann nicht tiefer greifen, als diese Einflüsse; im Gotthard nur einige hundert Meter unter den Tunnelhorizont. In noch gröfseren Tiefen mufs die anomale Wärmezunahme allmählich in die normale übergehen, welche unter Plateauland gleicher Höhe und geographischer Lage herrscht.

Deshalb, und aus Gründen der theoretischen Physik, ist es unrichtig anzunehmen, dafs die Isothermen unter Gebirgen in jedem Vertikalschnitt in gleichen Abständen verlaufen müssen, oben convex aufwärts, unten convex abwärts gebogen, dazwischen horizontalgeradlinig. Der Wärmeausgleich durch circulirendes Wasser genügt allein schon, den Wärmezunahmecoefficienten mit der Tiefe veränderlich zu machen und also auch die successiven Gradienten, deren Ausdruck die Isothermen sind. Welche Biegungen und gegenseitige Lage die Isothermen unterhalb des Bereichs oberflächlicher Störungen annehmen müfsten, um der Bergwurzel-Theorie zu genügen, läfst sich zwar theoretisch schliefsen, aber nicht empirisch beweisen.

Lange bevor ich daran ging, den störenden Einflufs der gebrochenen Terraingestaltung und der Wasserzuflüsse auf eine regelmäfsige Wärmezunahme nach dem Innern des Gotthard zu analysiren, habe ich versucht auf empirischem Weg, d. h. lediglich auf Grund der vorliegenden Beobachtungen und ohne vorgefafste geophysikalische Hypothesen, den Verlauf der Isothermen durch das Gotthardprofil zu ermitteln. Hierüber handelt ein Aufsatz: „Some results of the observations on underground temperature during the Construktion of the St. Gotthardtunnel", welchen Prof. Lebour dem „North of England Institute of mining and mechanical Engineers" mitgetheilt hat (Proc. vol. XXXII, 1883, p. 14—34), und wovon die Fortschritte der Physik

(XXXIX. 3. Abth. p. 707—719) einen Auszug enthalten. Das damals entworfene Isothermenprofil ist noch nicht veröffentlicht.

Für fünf aufeinanderfolgende Abschnitte des Tunnel-Profils wurden je continuirlich gekrümmte Lokalisothermen bestimmt, deren Lage, Krümmung und Temperatur sämtlichen Bodenoberflächentemperaturen darüber, Tunneltemperaturen darunter, und den resp. Zunahmecoefficienten, besser entspricht, als jede anders gewählte Isotherme thun würde.

Diese Isothermen mit den resp. Temperaturen

17,99°	zwischen	450	und	1950 m	v. N. P.
16,26°	„	2050	„	3450 m	„
5,96°	„	3550	„	6050 m	„
27,19°	„	6150	„	11270 m	„
7,68°	„	11370	„	14470 m	„

liegen theils nahe über dem Tunnelhorizont, theils so dicht unter der Oberfläche, dafs jene von 3550—6050 m (5,96°) und von 11370—14470 m (7,68°) an Punkten des Gehänges zu Tage treten, wo die Bodentemperaturen gleich hoch sind. In den lokalen Leitisothermen sind die störenden Detail-Einflüsse der oberflächlichen Skulptur und Wasserbewegung bereits so verwischt, dafs nur noch deren summarische Wirkung durch die gröfsere oder geringere Convexität und die Lage der Curven angezeigt ist. Es liegt nahe, einen Schritt weiter zu gehen und eine unter dem ganzen Tunnelprofil continuirlich verlaufende Isotherme zu bestimmen, welche nach Lage, Curvatur, Temperatur, und dem an ihrem Ort herrschenden Wärmezunahme-Coefficienten, gleichzeitig den Temperaturen in der Tunnellinie und den Daten der fünf lokalen Leitisothermen besser entspricht als jede andere. Diesen Bedingungen genügt ein flacher parabolischer Bogen von 181 516 m Krümmungs-Radius, dessen nach oben convexer Scheitel 3315 m vom Nordportal, 329 m ü. M. (d. i. 800 m unter Tunnel) liegt; mit der Temperatur 53,23°, und dem Wärmezunahme-Quotienten 0,03167.

Ich nehme an, dafs dieser Coefficient (0,0317) derselbe ist, welcher am Ort des Gotthard unter ebenem Terrain und *in mechanisch ungestörter* Erdrinde herrschen würde, und in diesem Sinne ist er im Vorgehenden mehrfach verwendet worden. Ein Blick auf das Isothermendiagramm zeigt, dafs die Zunahmequotienten je zwischen Oberfläche und lokaler Leitisotherme, zwischen dieser und Tunnellinie, zwischen Tunnellinie und Generalisotherme (53,23°) sich ändern; im ganzen mit der Tiefe zunehmend, so dafs die Isothermen abwärts näher und näher aneinander rücken, bis sie nächst der 53,23° Linie fast parallel unter

einander verlaufen. Dieses empirisch erlangte Resultat stimmt mit dem weiter oben gefundenen theoretischen, wonach die Störungen durch Terraingestaltung und Percolation einige hundert Meter unter dem Tunnel aufhören müſsten.

Der Scheitel der Isotherme 53,23° liegt viel näher dem Nordportal als dem Südportal, so daſs die Linie etwa 780 m unter ersterem, 1190 m unter letzterem (d. i. 45 m unter Meer) verläuft. Diese Asymmetrie erklärt sich aus der relativ gröſseren (namentlich durch Percolation veranlaſsten) Kälte auf der Südseite, steht also gleichfalls in Einklang mit den theoretischen Nothwendigkeiten.

Besonders hervorzuheben ist die Convexität der Generalisotherme aufwärts. Nach den Prämissen des Calculs hätte sich die Linie ebensowohl geradlinig-horizontal als convex-abwärts gekrümmt haben gestalten können; ihre Aufwärtsbiegung ist mithin ausschlieſslich von den Thatsachen bedingt, nicht von Voraussetzungen. Es ist die Gebirgsmasse, deren höchster Punkt in dem 15 km langen Tunnelprofil 2861 m M. H. erreicht (das durch Massennivellement ausgeglichene Profil besitzt 2515 m Scheitelhöhe ü. M., und die Oberkante der in ein Rechteck verwandelten Profilfläche 2041 m M. H.), wodurch die Isotherme bis 329 m ü. M. in die Höhe gezogen worden ist; und ohne gleichzeitige raschere Abkühlung der Gebirgsmasse durch Strahlung und Percolation würden die Isothermen noch weiter aufwärts gezogen worden sein.

Mit der Annahme von Bergwurzeln steht die Convexität der ersten continuirlichen Isotherme unter dem Gebirge, in welcher die Wärmezunahme gleich jener unter ebenem Terrain wird, zunächst in Widerspruch; denn bleibt der Zunahme-Coefficient von dieser Isotherme abwärts bis zur Unterfläche der festen Erdrinde unverändert, so würde das Gebirge eine schildförmige Aufwärtskrümmung der Erdrinde darstellen; an Stelle einer Protuberanz von der Erdkruste in das flüssige Magma hinein, träte umgekehrt eine Protuberanz des letzteren in die Kruste, und an Stelle des Massendefekts ein Massenüberschuſs; auch mit dem hydrostatischen Gleichgewicht vertrüge sich solche Rindenform nicht. Nur durch die Annahme, daſs die unter dem Gebirge erfahrungsgemäſs gröſseren Isothermenabstände nach der Tiefe zu erst kleiner werden, dann etwa stationär, endlich aber wieder gröſser, lieſse sich die im Gotthard beobachtete Wärmevertheilung mit der Theorie von Bergwurzeln und Massendefekten in Einklang bringen. Die physikalische Möglichkeit des Wiederauseinanderrückens der Isothermen in groſsen Tiefen, unter Gebirgen, nachdem sie sich

vorher genähert hatten, läfst sich theoretisch untersuchen, aber nicht empirisch beweisen.

Im Vorgehenden glaube ich gezeigt zu haben, dafs die Wärmevertheilung im Gotthard nicht im Sinne des Rev. Fisher als Beweis für Wülste oder Massendefekte unter Gebirgen gelten kann. Es giebt jedoch andere Beispiele für das Zusammentreffen ungewöhnlich niedriger Wärmezunahme-Coefficienten mit aus Lothstörungen etc. geschlossenen Massendefekten, welche vielleicht geeigneter sind, die Zusammengehörigkeit beider Erscheinungen darzulegen.

Oberstlieutenant von Sterneck erwähnt u. a. Schwerestörungen in Böhmen, welche auf Massendefekte hinweisen. Aus Erdtemperaturbeobachtungen, welche Grimm 1830 und 1854—1855 angestellt hat, ergiebt sich aber eine ungewöhnlich langsame Wärmezunahme mit der Tiefe in den Gruben von Pribram, im Mittel 1° F. auf 120' engl., nach Everetts Berechnung (im VII. Rep. of the Committee for the investigation of underground temperature; 1875) 1° C. auf 65,9 m, oder ein Zunahmequotient von **0,0152**.

Ferner werden im Erzgebirge Massendefekte vermuthet. Aus Reichs „Beobachtungen über die Temperatur des Gesteins in verschiedenen Tiefen in den Gruben des sächsischen Erzgebirges in den Jahren 1830—1832" (Freiberg 1834) ergiebt sich aber daselbst ein Zunahmecoefficient von nur **0,0239**. Obwohl nun Reich geneigt ist, möglicher Abkühlung des Gesteins durch natürlichen Wetterwechsel eine Herabminderung des Wärmezunahme-Coefficienten zuzuschreiben, so gehören doch Reichs Versuche zu den sorgfältigst angeordneten und diskutirten, welche überhaupt existiren; und da sie meist in sehr langen, frisch geöffneten Oertern angestellt wurden, wo die Differenz zwischen Luft- und Gesteinstemperatur klein war, und erhebliche Schwankungen der eingelassenen Thermometer im Verlauf von zwei Jahren nicht eintraten, so ist wahrscheinlich, dafs der gefundene Coefficient der Wahrheit sehr nahe kommt, jedenfalls näher als ein anderer (0,0299), welchen Reich aus Wassertemperaturbeobachtungen ableitete.

Diese beiden Beispiele betreffen hügeliges Plateauland, kein eigentliches Gebirge; das hydrostatische Gleichgewicht fordert aber Wülste unter Hochplateaus ebensowohl als unter Gebirgen; mithin unter Hochplateaus auch langsamere Temperaturzunahme mit der Tiefe. In Böhmen könnten vielleicht die mächtigen Silurauflagerungen (in solchen stellte Grimm seine Temperaturbeobachtungen an) ihre Unterlage

in das flüssige Magma gedrückt und so Wulstbildung eingeleitet haben.[1]) Im Erzgebirge fehlt sowohl dieses Erklärungsmoment, als äufsere Anzeichen für seitliche Zusammenschiebungen; Aufbruch des Gebirgskammes könnte aber mit Unterschiebungen, d. h. Wulstbildung, verknüpft gewesen sein.

Ein sehr grofses Territorium, wo die auf dem Kopf stehenden archäischen Schichten auf frühzeitige weit umfassende Contraktion der Erdrinde hinweisen, ist die schwedisch-finnische Gneifstafel, unter welcher sich ein entsprechender flacher Wulst vermuthen läfst. Die Protuberanzen an der Oberfläche waren hier schon vor der Silurzeit abrasirt, denn die schwebenden Silurschichten lagern auf ebenem Gneifsflur; mit der Abrasion hätte aber nicht Einsenkung, sondern Auftrieb des Flurs verknüpft gewesen sein sollen. In einer sehr viel späteren Periode hat Hebung sicherlich stattgefunden und die Vereisung des Landes begünstigt; folgerichtig mufs dann eine supponirte, vielleicht 600 m mächtige Eisdecke wieder Senkung verursacht haben, welcher nach Wegschmelzen des Eises die jetzige Hebung folgte, deren Gebiet von dem rings um die skandinavische Gneifstafel verbliebenen Rand des Silurs umgrenzt wird. (Siehe: „Diluvialstudien in Lappmarken"; Sep. aus Gaea 1890.) Ich habe hier auf diese successiven Senkungen und Hebungen des skandinavischen Gneifsflurs hingewiesen, weil dieselben mit der „buoyancy" dieses Stücks Erdkruste harmoniren, wenn man sich an der Unterfläche einen Wulst denkt, die Oberfläche aber bald belastet, bald entlastet. Das Gleichgewicht dieses Stücks Erdkruste mufs so labil sein, dafs auch geringfügige Massenverschiebungen dasselbe zu stören vermögen.

Mit Verdickung der Erdkruste unter Skandinavien sollte langsamere Temperaturzunahme nach der Tiefe verknüpft sein. Torbern Bergman erwähnte 1780 in seiner „physikalischen Erdbeschreibung" (IV. Bd. 2 p. 118), dafs in manchen schwedischen Gruben die Temperatur mit der Tiefe abnähme, und einen ähnlichen summarischen Trugschlufs könnte man aus manchen der Beobachtungen ziehen, welche Cl. Wallman 1820 in Fahlun anstellte und in Kgl. Vetensk. Akad. Handlingar, 1821 beschrieb. In der Fahlunkupfergrube gab es in höheren und tieferen Sohlen Räume, wo wegen Vitriolisirung des

[1]) Die Verhandlungen des IX. Geographentages besagen hierüber (p. 44. 45), „dafs die Schwerkraft über der primären Formation von Böhmen stets kleiner erscheine als über den Sedimenten". Mithin sollte die Wärmezunahme im dasigen Urgebirge noch kleiner sein als in den silurischen Schichten.

Kieses und Feuersetzarbeit die Temperatur auf 30—52° stieg, und andere, höher oder tiefer belegene, wo die einfallenden Wetter im Winter Eisbildung veranlafsten; auf dem Boden des 194 m tiefen Creutzschachtes herrschte z. B. Eiskälte bei einer äufseren Wintertemperatur von — 19°. (Noch zur Zeit meiner Thätigkeit in den Fahluner Gruben mufste dieser Schacht im Winter dicht abgeschlossen werden, damit das darin eingebaute Kunstgezeug nicht tief hinein vereiste.) Je nachdem man tiefer belegene kalte mit höher belegenen warmen Punkten derselben Grube verglich, oder umgekehrt, hätte man aus an und für sich richtigen Beobachtungen die verkehrtesten Schlufssätze über die Wärmezunahme nach der Tiefe ziehen können. Uebrigens ergeben einige Temperaturbeobachtungen in Räumen, welche von diesen Störungen möglichst frei waren, dafs in Fahlun die Temperatur mit etwa 0,027° pr. Tiefenmeter zunahm.

Neuere Beobachtungen Nordenströms in anderen schwedischen Gruben (Bondgrufvan, Dalkarlsberg, Solstad; siehe Geol. Föreningens i Stockholm Förhandlingar; 1877, Bd. III. p. 421—435) führen zu dem mittleren Wärmezunahme-Coefficienten **0,0223**, welcher für Verdickung der Erdkruste unter Schweden spricht, obwohl die Beobachtungen in diesen Gruben keine einwandfreie Temperaturzahlen ergeben konnten. Sie sind in Entfernungen von höchstens 100′ (30 m), meist aber in viel kleineren, von den weit und offen gähnenden Tagöffnungen angestellt, in welchen ständiger natürlicher Wetterwechsel bis ins Tiefste stattfindet, indem die äufsere Luft an den Stöfsen einfällt, in der Mitte aber auszieht, falls nicht mehrere solcher „Gruben" mit einander durchschlägig sind.

Um die mit solchem Wetterwechsel verknüpfte Eisbildung tief hinab zu hindern, überdeckt man zwar die Tagöffnungen wenigstens im Winter, falls ihre grofse Weite dies überhaupt zuläfst; allenfalls tritt aber beträchtliche Abkühlung von den Wandungen tief ins Gestein hinein ein, besonders wenn solche „Gruben" seit Jahrhunderten bearbeitet werden. Die Gesteinstemperatur mufs also zu niedrig gefunden werden, selbst wenn sie in einem frisch aufgefahrenen Ort 30 m weit vom Schacht auswärts gemessen wird, und da die Abkühlung in höheren Sohlen, unter sonst gleichen Verhältnissen, weiter fortgeschritten sein wird als in tieferen, so ergiebt der Vergleich der oben und der unten ermittelten Gesteinstemperaturen zu grofse Zunahmecoefficienten.[2])

[2]) Coefficienten, in deren Berechnung willkürlich angenommene Oberflächentemperaturen eingehen (z. B. Solstad), sind an und für sich unbrauchbar.

Deshalb dürfte auch obiger Mittelwerth (0,0223) eher noch zu grofs als zu klein sein, und trotz seiner Ungenauigkeit als indirekter Beweis für Verdickung der Erdkruste unter einem Continent („disturbed tract“ im Sinn O. Fishers) gelten können.

Um die inneren Beziehungen zwischen Erdtemperatur, Schwerestörungen und lokalen Deformationen der Erdrinde aufzuklären, scheint es überhaupt zweckmäfsiger, Erdtemperaturbeobachtungen aus dem Plateau-Land zu Grunde zu legen, als solche aus dem Hochgebirge, wo Störungen durch äufsere Massenvertheilung, gröfsere Abkühlungsfläche, Percolation, Gesteinszersetzung, etc. die wahren Werthe verschleiern.

Appendix 1.

Die gleichzeitigen Wärmeverluste $\triangle$ (durch Strahlung) von I und II verhalten sich wie:

$$\frac{\triangle'}{\triangle''} = \frac{F'}{F''} \cdot \frac{\mu_1 . 1{,}0077^{t} \, (1{,}0077^{t_1 - t} - 1)}{\mu_1 . 1{,}0077^{t} \, (1{,}0077^{t_1 - t} - 1)}$$

$$= 1{,}161 \times \frac{1{,}0077^{-0{,}59} \, (1{,}0077^{3{,}55 + 0{,}59} - 1)}{1{,}0077^{5{,}86} \, (1{,}0077^{7{,}35 - 5{,}68} - 1)} = 2{,}77 \; (1^0$$

Bei Beginn des uns beschäftigenden Abkühlungsprozesses, d. h. als die Sektion I ihre jetzige Lage und äufsere Form erhielt, und in Luft von $-0{,}59^0$ die oberflächliche Bodentemperatur $3{,}55^0$ annahm,

war die Mitteltemperatur in I: $\frac{To + 3{,}55}{2} = \frac{To}{2} + 1{,}78^0$

„ „ „ „ II: $\frac{To + 7{,}35}{2} = \frac{To}{2} + 3{,}68^0$,

wenn To die (in I und II damals gleiche) Temperatur in 894 m Tiefe u. O. bezeichnet. Andererseits ist die jetzige

Mitteltemperatur in I: $\frac{23{,}43 + 3{,}55}{2} = 13{,}49^0$

„ „ II: $\frac{T_{II} + 7{,}35}{2} = \frac{T_{II}}{2} + 3{,}68^0$. Daher

Abkühlung[3]) in I: $\frac{To}{2} + 1{,}78 - 13{,}49 = \frac{To}{2} - 11{,}71$

„ „ II: $\frac{To}{2} + 3{,}68 - \frac{T_{II}}{2} - 3{,}68 = \frac{To}{2} - \frac{T_{II}}{2}$; und das

---

[3]) Da die Sektionen I. und II. nach Volum und calorischen Eigenschaften übereinstimmen, so drücken die folgenden Verhältnifszahlen ihrer Temperaturen auch die Proportion der resp. Wärmemengen aus.

Verhältnifs der Wärmeverluste in I und II:

$$\frac{\Delta'}{\Delta''} = \frac{\frac{To}{2} - 11{,}71}{\frac{To}{2} - \frac{T_{II}}{2}} = \frac{To - 23{,}43}{To - T_{II}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (2^0$$

Dieses Verhältnifs ist aber nach 1^0: 2,77; also $\frac{To - 23{,}43}{To - T_{II}} = 2{,}77$;

woraus jetzige Temperatur in II, 894 m u. O.:

$$T_{II} = 0{,}639 \; To + 8{,}46^0 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (3^0$$

Die **Wärmezunahmecoefficienten in den Sektionen I und II**, jetzt und bei Beginn des Abkühlungsvorganges, sind folgende:

gegenwärtig, in I; $r' = \frac{23{,}43 - 3{,}55}{894} = 0{,}0222$[4])

ehemals, in I; $r' = \frac{To - 3{,}55}{894} = 0{,}0011 \; To - 0{,}0040$

$$\frac{r'}{r_0'} = \frac{0{,}0222}{0{,}0011 \; To - 0{,}0040} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (4^0$$

gegenwärtig, in II; $r'' = \frac{0{,}639 \; To + 8{,}46 - 7{,}35}{894} = 0{,}0007 \; To + 0{,}0012$

ehemals, in II; $r_0'' = \frac{To - 7{,}35}{894} = 0{,}0011 \; To - 0{,}0082$

$$\frac{r''}{r_0''} = \frac{0{,}0007 \; To + 0{,}0012}{0{,}0011 \; To - 0{,}0082} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (5^0$$

Hätten sich diese Coefficienten, von Beginn der hier in Frage kommenden Abkühlungsperiode bis jetzt in beiden Sectionen nach gleicher Proportion geändert, so könnten wir $\frac{r'}{r_0'}$ (nach Gl. 4^0) $= \frac{r''}{r_0''}$ (nach Gl. 5) setzen und To ausziehen. Eine solche Gleichheit existirt aber nicht; durch Einsetzen successiver Näherungswerthe für To in diese Gleichungen folgt vielmehr $\frac{r'}{r_0'} = 0{,}896 \; \frac{r''}{r_0''}$ .... $(6^0$

d. i. $\frac{0{,}0222}{0{,}0011 \; To - 0{,}004} = 0{,}896 \cdot \frac{0{,}0007 \; To + 0{,}0012}{0{,}0011 \; To - 0{,}0082}$,

und daraus $To^2 - 37{,}28 \; To = 257{,}54$ .... $(7^0$

[4]) Nach „Some results of the observations on underground temperature during the construction of the St. Gothard tunnel" ist der entsprechende Coefficient 0,0218 (Anm. S. 7). Die Differenz beruht lediglich darauf, dafs ich dort die ungleichen Gewichte der Beobachtungen in verschiedenen Tiefen mit in Rechnung gezogen habe, während jetzt die auf eine mittlere Tiefe von 894 m bezogenen Temperaturbeobachtungen als gleichwerthig verrechnet sind.

To = 28,12°; d. i. Anfangs-Temperatur bei 894 m (mittler) Tiefe sowohl in I als II.

Durch Substitution dieses Werthes in Gl. 3° ergiebt sich als jetzige Temperatur in 894 m Tiefe der Sect. II;

$$T_{\shortparallel} = 26{,}43^0.$$

Appendix 2.

Das Areal des Gebiets der versiegten Quellen von Airolo umfafst **738000** m²; das Volum seines Wassertrichters, zwischen Oberfläche und Tunnellinie, 102982000 m³, wovon die Hohlräume mit **7682300** m³ aufgespeichertem Wasser (wo) 7½ pCt. einnahmen, das Gestein **95299700** m³ oder 92½ pCt. Bei einem specifischen Gewicht 2,759[5]) wiegt das Gestein 261931900 tons, und mit der spec. Wärme 0,1845[5]) absorbirt es bei Erwärmung um 1°: **48326400000** Cal. (C). Das jetzt täglich aus dem I. Terrain abfliefsende Wasser beträgt **7637600** litres (w).

War die Wärmezunahme nach unten, vor Beginn der Abkühlung durch Strahlung und Percolation, 0,03167, so verlor die Erde durch jeden Quadratcentimeter Oberfläche in der Sekunde 0,000001837 Grammgrade Wärme,[6]) d. i. pr. Quadratmeter und Tag 1,587 Cal.; und durch 738000 m² Oberfläche des I. Wassergebietes: **1171200** Cal. täglich (E).

In dem ersten Wasserterrain, welches sich an der Oberfläche bis 700 m, im Tunnel bis 941 m, v. P. erstreckte, war

Bodenoberflächentemperatur 7,53° (Θ).

Gesteinstemperatur in Tunnellinie 11,58°. Daher

Mittlere Gesteinstemperatur in Profilfläche 9,56° (T) (als Gesteinstemperatur des ganzen Wasserkegelkörpers angenommen).

Bodenoberflächentemperatur 7,53° (Θ).

Wassertemperatur in Tunnellinie 9,24° (unmittelbar nach dem Erschroten). Daher

Mittlere Wassertemperatur in Profilfläche 8,39° (gilt für den ganzen Wasserkegel).

Differenz zwischen Wasser- und Gesteinstemperatur im Tunnel: 11,58 — 9,24 = 2,34°.

Nachdem die aufgespeicherten Wässer erschöpft waren, besafsen

---

[5]) Nach Versuchen, welche Herr Professor R. Weber auf meine Veranlassung vorgenommen hat. (Bull. d. l. Soc. d. sciences nat. de Neufchatel; 1882 XII. p. 687.

[6]) Bei Zugrundelegung einer Leitungsfähigkeit der Erdkruste von 0,0058 (Everett in „Nature“ 1882, Oct. 12, p. 591).

die ständig laufenden eine 0,45° geringere Temperatur als die frisch erschroteten, d. i. 9,24 — 0,45 = 8,79° (t_1).

Als die aufserordentliche Abkühlung durch Percolation begann, war der Wärmezunahme-Coefficient auch in diesem Theil des Gotthard muthmafslich 0,0317. Demselben, einer mittleren Höhe des überliegenden Gebirges von 219,7 m³' einer Bodenoberflächentemperatur (0 — 1000)[7]) von 7,16°, entspricht die

damalige Gesteinstemperatur in Tunnellinie 14,12°,

" Oberflächententemperatur (0 — 700)[7]) 7,56° (Θ),

" mittlere Gesteinstemp. in Profilfläche 10,84° (To).

War die damalige Wassertemperatur in diesem Theil der Tunnellinie ebenfalls 2,34° niedriger als die Gesteinstemperatur, so betrug erstere 14,12 — 2,34 = 11,78°.

Bodenoberflächentemperatur 7,56° (Θ).

Damalige mittlere Wassertemperatur in Profilfläche 9,67°.

Daher: Mittlere Temperatur des aufgespeicherten Wassers, von Beginn der Percolation bis zur Störung derselben durch den Tunnel:

$$\frac{9,67 + 8,39}{2} = 9,03^0 \text{ (to)}.$$

Mittel-Temperatur des durchfliefsenden Wassers, von Beginn der Percolation bis zur Störung derselben durch den Tunnel, in Tunnellinie:

$$\frac{11,78 + 9,24}{2} = 10,51^0 \text{ (t)}.$$

Nehmen wir an, dafs in (j) Tagen täglich (q) Liter Wasser durch das zerklüftete Gestein geflossen sind, bis im Tunnelhorizont jenes Temperaturverhältnifs zwischen Gestein und Wasser hergestellt war, welches durch den Tunnelbau unterbrochen worden ist; dafs das Wasser mit der Bodenoberflächentemperatur (Θ) eintrat und mit der Mitteltemperatur (t) wegging, so beanspruchte die Erwärmung dieses durchfliefsenden Wasserquantums (t — Θ) q j Cal. Aufserdem wurde aber auch das im Spaltensystem aufgespeicherte Wasserquantum (wo) von (Θ) auf (to) erwärmt, und consumirte (to—Θ). Wo Calor. Die dazu erforderliche Wärme wurde theils dem percolirten Gestein entnommen, welches bei Abkühlung um je 1° (C) Calorien lieferte, durch die Abkühlung von (To) auf (T) also (To—T) C; theils entstammt sie der ständig aus dem Erdinneren emanirenden Wärme, d. i. täglich E . j Cal. aus der Oberfläche des I. Wassergebiets. So erhalten wir die Gleichung:

[7]) Ausgeglichenes Profil.

$$(t - \Theta)\, q\, j + (to - \Theta)\, wo = (To - T)\, C + E\,.\,j \quad \ldots\ldots\ldots\ldots 1^0$$

Der Effekt von (wo) aufgespeichertem Wasser, und von (qj) durchfliessendem, welche mit derselben Anfangstemperatur (Θ) eintraten, äufsert sich dadurch, dafs das Gestein C . (To — T) Calorieen verloren hat. Andererseits wird das gegenwärtig (nach Zerstörung des ehemaligen Wasserregimes) ständig durchfliessende Wasserquantum (w), welches gleichfalls mit der Temperatur (Θ) eintritt, auf die Temperatur (t_1) gebracht, wobei es demselben durchflossenen Gesteinsvolumen w ($t_1 - \Theta$) Cal. entzieht. Wir können also proportioniren:

$$\frac{(q\, j + wo)\, \Theta}{w\,.\,\Theta} = \frac{C\,(To - T)}{w\,.\,(t_1 - \Theta)};\ \text{woraus}$$

$$q\, j + wo = \frac{(To - T)\, C}{t_1 - \Theta} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots 2^0$$

Zusammengefafst geben diese beiden Gleichungen

$$j = \frac{C\,(To - T)\left(\frac{t - \Theta}{t_1 - \Theta} - 1\right) - wo\,(t - to)}{E} \quad \ldots\ldots 3^0$$

woraus sich die Dauer (j) des Durchflusses bis zur Herstellung eines stabilen Wärmeregimes ergiebt, und weiter durch Einsetzen des gefundenen Werthes von (j) in eine der Gleichungen 1^0 oder 2^0, das durchgeflossene Wasserquantum (q).

Setzen wir in 3^0 die beobachteten Werthe ein, nämlich:

C = 48 326 400 000 Cal.; To — T = 10,84 — 9,56 = 1,28°;
t — Θ = 10,51 — 7,53 = 2,98°; $t_1 - \Theta$ = 8,79 — 7,53 = 1,26°;
wo = 7 682 300 000 Liter; t — to = 10,51 — 9,03 = 1,48°;
E = 1 171 200 Cal.;

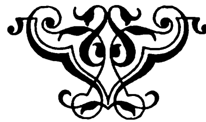
so wird:

j = 62377 Tage[4]) = 171 Jahre
q = 663 983 l[4]) pr. Tag = 7,68 l pr. Sek.

Nachdem, bei jetziger Figuration durch die innere Zerreifsung des Gebirges, pr. Sek. $7^2/_3$ l Wasser eintreten, zirkuliren, und erwärmt wieder austreten konnten, verflossen also 171 Jahre, bis die Abkühlung des Gesteines im Tunnelhorizont zum Stillstand gekommen war; und der damals erreichte Stabilitätszustand ist dann bis zur Aufschliefsung des Wassergebietes durch den Tunnel wesentlich unverändert geblieben. Temperaturgleichheit von Wasser und Gestein — im Tunnelhorizont — sind von diesem Stabilitätszustand nicht bedingt; denn bei unver-

[4]) Im Original steht 61 679 Tage und 671 399 l. Da die kleine Differenz für die Schlussfolgerungen bedeutungslos ist, so habe ich dem Rechenfehler nicht nachgespürt.

ändertem Wasserregime mufste weitere Abkühlung des Gesteines aufhören, sobald die Wärmeemanation aus dem inneren und die Kälteabgabe des percolirenden Wassers sich das Gleichgewicht halten konnten. Die Quellen, welche vor dem Tunnelbau auf der Oberfläche des I. Wassergebietes entsprangen, sind zwar nicht gemessen worden; ein Debit derselben von 7—8 l scheint aber sehr wahrscheinlich. Das gegenwärtig aus dem I. Wassergebiet des Tunnels abfliefsende Quantum von 88,4 l enthält nicht nur diese Quellen, sondern auch den vom Tunnel verschluckten Bach Ri di Jenni.





Airy und Adams.

Mit Sir George Biddell Airy, der am 2. Januar dieses Jahres im halb vollendeten 91. Lebensjahre starb, ist der Nestor der exakten Naturwissenschaft aus dem Leben geschieden. Sein Wirken, das der Physik ebenso wie der Astronomie zu gute kam, fällt in die Zeit, da aufserdem Whewell, Herschel, Faraday, Darwin an der Spitze der englischen Gelehrtenschaft standen und die Aufmerksamkeit der gesamten wissenschaftlichen Welt auf das Inselreich gerichtet hielten.

Am 27. Juli 1801 zu Alnwick in Northumberland geboren, wurde Airy zunächst auf Privatschulen seiner Heimathlandschaft vorgebildet und studirte dann seit 1819 am Trinity College in Cambridge. Hier erlangte er schnell die üblichen Grade, so dafs er 1826 Magister artium und im gleichen Jahre auch schon Professor der Physik in Cambridge wurde. Diese Stellung, welche ehemals Newton bekleidet hatte, war unter Airys unmittelbaren Vorgängern zu einer für den wissenschaftlichen Fortschritt sehr unfruchtbaren Sinecure herabgesunken; Airys Forschungstrieb indessen fand gerade hier vortreffliche Gelegenheit zu freier Entfaltung. Seine Arbeiten waren in dieser Zeit aber wesentlich auf physikalische Fragen gerichtet, wenn auch astronomische Probleme, wie die der Theorie des Mondes und der Planeten und auch der Figur der Erde, ebenfalls erfolgreich behandelt wurden. Unter den physikalischen Disciplinen fesselte unseren Forscher in erster Linie die theoretische Optik; er entdeckte den sog. Astigmatismus des menschlichen Auges und gab das Mittel zur Verbesserung dieses Fehlers an, er untersuchte ferner die sog. sphärische Aberration der Linsen, und im Anschlufs an die klassischen Arbeiten des 1827 leider zu früh verstorbenen Franzosen Fresnel baute er die von Huyghens begründete Wellentheorie des Lichts zu jenem bewunderungswürdigen, bis ins einzelne vollendeten Systeme aus, das jedem Epigonen ehrfurchtsvolles Staunen vor der Schärfe menschlichen Geistes abnöthigen mufs. Gestützt auf diese

Theorie vermochte Airy z. B. nicht nur alle die wunderbaren Farbenkurven, welche man beim Durchgang convergenten, polarisirten Lichtes durch Krystalle beobachtet, bis ins Detail zu erklären, sondern es war ihm auch möglich, vordem noch nicht beobachtete Erscheinungen im voraus mit derselben Sicherheit zu bestimmen, mit welcher er andererseits als Astronom die Bahnen der Gestirne a priori ermittelte.

Seit 1828 ward Airy auch die Leitung der Sternwarte zu Cambridge übertragen, und von dieser Zeit ab betrieb er Sternkunde nicht mehr blofs theoretisch, sondern auch praktisch, wozu er sogar gleichfalls eine aufserordentliche Geschicklichkeit besafs. Diese Vereinigung praktischen Sinnes mit der Fähigkeit, die schwierigsten Probleme der Störungstheorien spielend zu behandeln, gehört zu den Seltenheiten und verdient ganz besondere Hervorhebung.

Als nun 1835 Pond, der langjährige Leiter der Sternwarte zu Greenwich bei London starb, konnte für dieses unter den Observatorien der ganzen Welt die erste Stelle einnehmende, 1675 gegründete Institut keine geeignetere Kraft, als Airy, gefunden werden. Am 1. Januar 1836 trat dieser seine neue, ehrenvolle Stellung als „Astronomer royal" und „First Lord of the Admiralty" an. Mit grofser Energie führte er hier zunächst eine zeitgemäfse Reorganisation des gesamten Arbeitsplanes durch, ersetzte aufserdem eine Anzahl den Anforderungen der astronomischen Genauigkeit nicht mehr entsprechender Instrumente durch neue und fügte diesen Fundamentalinstrumenten (Meridiankreis, Zenithsector, Aequatorial) auch mehrere neuartige, nach eigenen Angaben gebaute Instrumente, wie z. B. ein Altazimuth zur Beobachtung aufserhalb des Meridians, einen Bahnsucher für die Aufsuchung wiederkehrender Kometen, Apparate zur Beobachtung der Variationen des Erdmagnetismus u. a. hinzu. Neben der vielseitigen praktischen Thätigkeit und den streng allein mit Rücksicht auf die gröfstmögliche Förderung der Wissenschaft ausgeübten Directorialgeschäften, sowie den vielfachen, theils zur Beobachtung seltener Phänomene, theils zum Studium fremder Observatorien unternommenen Reisen, betrieb aber Airy auch weiterhin mit grofsem Erfolge seine Untersuchungen über die Störungen der Planeten und des Mondes. Auf letzterem Gebiete wirkte er sogar mit hervorragendem Talente auch popularisirend, sofern seine „physische Astronomie" noch heute einem jeden, der sich ohne mathematische Rechnung über die wichtigsten Erscheinungen der sog. Störungen klar werden will, als ein Meisterwerk empfohlen werden kann.

Auch auf das Gebiet der Geophysik erstreckte sich **Airys** Thätigkeit, indem er u. a. eine sinnreiche Methode zur Bestimmung der mittleren Dichtigkeit der Erde angab und dieselbe auch zur Anwendung brachte. Diese Methode stützt sich auf die Abnahme der Schwerkraft im Inneren der Erde. Da nämlich die auf einen im Inne-



George Biddell Airy an seinem 90. Geburtstage.

ren einer Hohlkugel gelegenen Punkt ausgeübten Anziehungskräfte, wie die Gravitationslehre ergiebt, sich gegenseitig das Gleichgewicht halten, kann für die Intensität der Schwere an einem innerhalb der Erde liegenden Punkte nur derjenige Kugelkern in Betracht kommen, auf dessen Oberfläche der betrachtete Punkt liegt. Dieser Kern wird aber um so kleiner, je tiefer wir unter die Erdoberfläche hinabgehen, und demgemäſs muſs die Schwere im Erdinnern stetig abnehmen, bis sie im Mittelpunkt der Erde überhaupt verschwindet. Miſst man nun,

wie es Airy im Bergwerk zu Harton, 383 m tief unter Tage, that, durch Pendelbeobachtungen die Abnahme der Schwere in der Tiefe, so kann man erkennen, welcher Theil von der Gesamtschwere an der Erdoberfläche auf Rechnung der äufsersten Kugelschale zu setzen ist. Daraus ergiebt sich dann leicht das Massenverhältnifs dieser Schale und des von ihr umschlossenen Erdkerns, und, da die Volumina gleichfalls bekannt sind, läfst sich auch das Verhältnifs der mittleren Dichtigkeiten berechnen. Setzt man nun für die Dichtigkeit der oberflächlichen Kugelschale einen aus den Beobachtungen über die Zusammensetzung der Erdrinde abgeleiteten Werth ein, so findet man also auch die gesuchte Dichtigkeit des Erdinnern. Das von Airy auf solchem Wege gefundene Resultat weicht allerdings beträchtlich von den durch andere Methoden erzielten Bestimmungen ab, doch ist diese Ungenauigkeit vermuthlich nur durch die dereinst vielleicht überwindlichen Schwierigkeiten der Messung, nicht durch einen Mangel der sehr sinnreichen Methode bedingt.

Trotz der Vorliebe Airys für die Himmelsmechanik verkannte derselbe doch von Anfang an nicht die hohe Bedeutung der von der Mitte des Jahrhunderts an emporblühenden Astrophysik, vielmehr förderte er deren Entwickelung indirekt durch die Ausdehnung des Arbeitsplanes der Greenwicher Sternwarte auf Spektroskopie und Himmelsphotographie, was natürlich mit der Beschaffung instrumenteller Hilfsmittel Hand in Hand ging.

Ein reiches, arbeitsfreudiges Leben lag also hinter ihm, als er 1881 wegen abnehmender Kräfte in den Ruhestand trat, und das Bewufstsein, viele wichtige Bausteine zu dem immer höher emporstrebenden Thurme der Wissenschaft mit eigener Hand herbeigetragen und eingepafst zu haben, konnte das letzte in stiller Zurückgezogenheit verbrachte Decennium seines Lebens erfüllen und verschönen.

John Cough Adams, am 5. Juni 1819 zu Laneast bei Launceston in Cornvall geboren und sonach beträchtlich jünger als Airy, stand gleichfalls längere Zeit als Präsident der „Royal Astronomical Society“ neben Airy an der Spitze der englischen Astronomen. Die Aufmerksamkeit der astronomischen Welt zog Adams zuerst durch seine mühevollen und genialen Rechnungen über die Bewegung des Uranus auf sich, welche bereits im September 1845 zu demselben Resultate geführt hatten, wie die unabhängig unternommenen, aber erst im August 1846 zum Abschlufs gekommenen Untersuchungen Leverriers.[1]) Adams hatte seiner Zeit nur den Fehler

[1]) Vergl. Himmel und Erde, Bd. II, S. 108.

begangen, seine Arbeitsergebnisse nicht zu veröffentlichen, sondern dieselben nur privatim an Challis, den Direktor der Sternwarte zu Cambridge, und an Airy mitzutheilen. Obgleich Challis auf Grund dieser Mittheilung die Stelle des Himmels, an welcher der neue, vermuthete Planet stehen mufste, eifrigst durchsuchte und dabei, wie sich später herausstellte, den letzteren auch wirklich sah, gelang es demselben dennoch wegen des Mangels einer genauen Sternkarte nicht, unter den zahlreichen kleinen Sternen den einen, sehr langsam sich bewegenden Planeten herauszuerkennen. Infolgedessen blieb die Sache in England vorläufig unaufgeklärt liegen, und der Ruhm der wirklichen Neptunsentdeckung fiel Leverrier zu, weil dieser sich an die richtige Quelle, nämlich an Galle nach Berlin, wo die vorzüglichen „akademischen Sternkarten“ eben vollendet waren, mit der Bitte um Nachsuchung gewendet hatte. Immerhin bleibt Adams in dieser epochemachenden Angelegenheit das unbestrittene Verdienst der Priorität, obgleich die Veröffentlichung seiner „Explanation of the observed irregularities in the motion of Uranus“ erst 1847 erfolgte. In Anerkennung dieser Verdienste wurde Adams 1858 Challis' Nachfolger als Professor der Astronomie und Direktor der Sternwarte zu Cambridge. Bis zu seinem am 21. Januar dieses Jahres erfolgten Tode versah er dieses Amt mit Umsicht und hohem Sinn für das zielbewufste Weiterforschen auf dem so erfolgreich betretenen Wege der theoretischen Astronomie. Als einer der ersten erkannte er unter anderem den Zusammenhang mancher Sternschnuppenschwärme mit periodischen Kometen; auch verschiedene andere, zumeist freilich nur vom Fachmann recht zu würdigende Entdeckungen auf dem Gebiete der Himmelsmechanik zeugen von seinem Scharfsinn und sichern ihm einen ehrenvollen Platz unter den Nachfolgern des grofsen Laplace. F. Kbr.



Neues von der Rotation der Planeten. — Vor zwei Jahren hat eine Entdeckung von Schiaparelli Aufsehen erregt. Durch schwierige, nur in der klaren Luft von Mailand ermöglichte Beobachtungen hat der berühmte Gelehrte gefunden, dafs die Zeit, welche der Planet Merkur für seinen Umschwung gebraucht, keine andere sei, als diejenige, in welcher er seinen Umlauf um die Sonne vollzieht (Himmel und Erde Jahrgang II., S. 242). Dieses Resultat — so unerwartet es war — erfährt eine leichte Erklärung durch die Wirkungen, welche die Fluth flüssiger Materialien des Planeten im Laufe der Zeit

ausüben mufs (vergl. ebenda). Diese Fluthreibung ist es ja auch gewesen, welche unserem Monde dasselbe Verhältnifs jener beiden Zeiten aufzwang. Freilich sprechen gewisse Wahrscheinlichkeitsgründe nicht gerade für die Richtigkeit dieser Erklärung obigen Phänomens. Es darf ja nicht vergessen werden, dafs die Fluthwirkung der Erde auf den Mond um deswillen so bedeutend ist, weil seine Entfernung (385,080 km) von seinem Zentralkörper, der Erde, recht unbedeutend ist gegen seinen Durchmesser (3480 km), während beim Merkur jene Entfernung (58 Mill. km) viel zu grofs ist im Verhältnifs zum Durchmesser (4800 km), um noch eine beträchtliche Fluthwirkung zuzulassen. Das sind Bedenken, die neuerdings, in ein mathematisches Gewand gekleidet, sich gegen die übliche Erklärung erhoben haben. (Sid. Mefs. Mai 1891). Wenn wir trotzdem an der Richtigkeit der Schiaparellischen Entdeckung nicht zweifeln, so geschieht es, weil seine Beobachtungen ein hohes Gewicht besitzen, und weil jene Einwände gegen die Theorie ein Element ganz aufser acht lassen, nämlich dasjenige der Zeit, in welcher die Fluthen diese grofsartigen Wirkungen haben vollbringen können. Dafs bei der Erde, dem Mars und den äufseren Planeten solche Wirkungen, die einigermafsen in Betracht kämen, nicht haben nachgewiesen werden können, das will nichts heifsen, weil man die Zeit nicht kennt, während welcher sie gluthflüssige Materialien in hinreichendem Mafse besafsen, um dergleichen Wirkungen zu ermöglichen. Haben wir aber überhaupt ein Urtheil darüber, wie lange ein Planet, der sich in dieser Nähe von der Sonne befand, unter der energischen Einwirkung ihrer Strahlen in leicht- und zähflüssigem Zustande beharren konnte? So lange diese Frage sich nicht beantworten läfst, müssen alle Argumente schweigen, welche gegen die Fluththeorie ins Feld geführt werden.

Von der Tragweite seiner Entdeckung überzeugt, hat der Mailänder Gelehrte seine Aufmerksamkeit dem nächstfolgenden der Sonnenkinder zugewendet und ist in Beziehung auf die Venus zu einem Resultate gelangt, das er vorsichtig dahin ausspricht: Die Rotationsperiode der Venus läfst sich aus den vorhandenen Beobachtungen noch nicht sicher bestimmen; dieselben machen es indessen wahrscheinlich, dafs auch dieser Planet in derselben Zeit rotirt, in welcher er um die Sonne läuft.[1]) Dieses Resultat entstammt einer eingehenden Kritik aller erhaltbaren, früher angestellten Beobachtungen über den Umschwung der Venus im Verein mit eigenen Beobachtungen, welche Schiaparelli mit Hülfe des Achtzöllers der Mailänder Sternwarte ausgeführt hat. Aber diese Kritik hat eine eingehende Gegenkritik

[1]) Vergl. Himmel und Erde, II, S. 534.

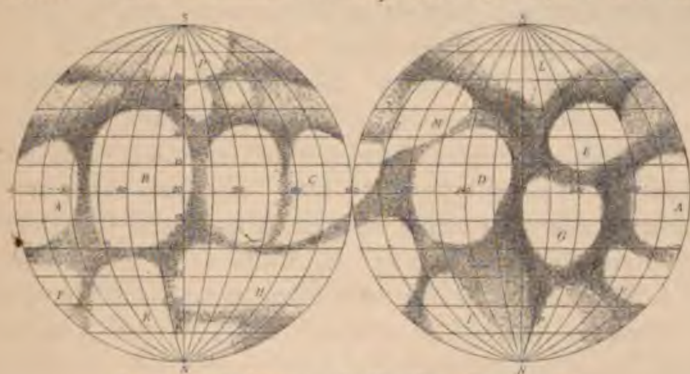
in den Berichten der Wiener Akademie seitens des Herrn Löschardt in Nákófalva erfahren: Ein Fleck in der Nähe des Südpols, der im Laufe der Beobachtungen zwar seine Form, aber nicht seinen Ort gewechselt hat, wird von Herrn Schiaparelli als der Bürge einer langen Rotationsperiode angesehen; Herr Löschardt ist der Ansicht, dafs derselbe, da er die von Herrn Schiaparelli ihrer Lage nach bestimmte Rotationsachse des Planeten enthalten dürfte, seinen Ort beim Umschwunge nicht ändern kann. Diesen Fleck konnte auch Herr Holden auf dem Berge Hamilton noch acht Stunden nach der Mailänder Beobachtung wahrnehmen, während andere in Mailand gleichzeitig gesehene Gebilde ihm entgingen, weil sie wahrscheinlich durch den Umschwung des Planeten ihm bereits entführt waren. Auch die anderen amerikanischen und Brüsseler Beobachtungen lassen die Schiaparellische Hypothese hinfällig erscheinen und sprechen zusammen mit denjenigen, welche die Herren Vogel und Lohse in Bothkamp angestellt haben, ebenso sehr oder noch mehr für die alte Annahme, die von Cassini bis auf de Vico gegolten hat, dafs der Venus eine ähnliche Umschwungsszeit wie der Erde zukomme, nämlich eine solche von $23^{h}\ 21^{m}$. Man darf bei diesen Beobachtungen der Venus nicht vergessen, „dafs die Flecke auf ihrer Oberfläche meist unbestimmte Gebilde sind, welche sich nur sehr wenig von den umgebenden Theilen der Planetenscheibe abheben, dafs sie sich selbst bei guter Luft dem Auge des Beobachters nur intermittirend darstellen und daher nur sehr schwer und unsicher aufzufassen sind". (Worte des Herrn Vogel in Potsdam.) Diese Schwierigkeiten der Beobachtung lassen aber überhaupt alle daraus gezogenen Schlüsse als auf schwachen Füfsen stehend erscheinen. Herr Löschardt hat seine Beobachtungen mit einem Dreizöller angestellt. Ein solcher würde auch für den Zweck der Rotationsbestimmungen genügen, weil eine stärkere Vergröfserung die Flecken nicht schärfer erscheinen läfst. Die Beobachtungen sind am Tage anzustellen, weil die geringe Höhe, in welcher Venus als Abend- und Morgenstern sich befindet, den Beobachtungen nicht förderlich ist. Solche Beobachtungen mögen hiermit allen Besitzern ähnlicher Instrumente angelegentlichst empfohlen sein. Vielleicht gelingt es mit ihrer Hülfe, die alte Frage nach der Rotationsdauer des Planeten endgültig zu lösen. Nech einem Umstande mufs bei der Diskussion dieser Beobachtungen Rechnung getragen werden. Das ist die grofse Dichte, welche die Venus-Atmosphäre nach der Ansicht der Astronomen besitzt. Eine solche wird aber bei schnellem Umschwung am Aequator gehoben erscheinen, und damit werden

Verzerrungen der Bilder gegen den Gleicher hin entstehen. Aus allen seinen Beobachtungen in Verbindung mit den früher angestellten glaubt Herr Löschardt zwar auch, die Rotationsperiode der Venus als noch unbekannt ansehen zu müssen, meint aber, dafs die Cassini-de Vicosche Periode mehr Wahrscheinlichkeit besitze, als die 225-tägige Schiaparellis.

Wie unsicher noch jede Bestimmung der Venusrotation ist, das zeigen auch die zehnjährigen, mit guten Instrumenten angestellten Beobachtungen der Herren Niesten und Stuyvaert in Brüssel. Auch diese haben helle und dunkle Flecken auf der Planetenscheibe in grofser Anzahl wahrgenommen, von denen vor allem die ersteren ihre Lage und Gestalt rapide zu ändern schienen. Aber auch die dunklen Flecken deuten in ihrer Gesamtheit keineswegs auf eine sieben- bis achtmonatliche Periode, sondern sie lassen sich sehr wohl nach der de Vicoschen Annahme zu einem Bilde der Planetenoberfläche vereinigen, das einen allerdings sehr eigenthümlichen Anblick gewährt. Wir erblicken in diesem Bilde helle Räume, die von mehr oder weniger dunklen Banden umrahmt sind, Gegenden, den „Continenten" des Mars vergleichbar, welche von den Meeren dieses Planeten gesäumt sind. Aber es mufs wiederholt darauf hingewiesen werden, dafs die Flecken, wie bisher allen Beobachtern, so auch diesen schwach und schwankend erschienen, und dafs man ihre Grenzen noch nie exakt wahrzunehmen vermochte. Sie erscheinen wie Schatten durch einen Nebel; kaum läfst sich ihre Gestalt auch nur im allgemeinen fixiren, und fast unmöglich ist es, zu beurtheilen, ob ihre Grenzen, die man nicht feststellen kann, irgend eine Veränderung erfahren haben. Hieraus erklärt sich aber nur zum Theil die merkwürdige Thatsache, dafs bisher noch niemand diejenigen Flecken, welche Bianchini, oder die, welche de Vico am Collegio romano verzeichnete, wahrgenommen hat. Sollten diese Zeichnungen vielleicht garnichts anderes als Gebilde sein, den Streifen Jupiters, den Wolken der Erde vergleichbar, ebenso unregelmäfsig wechselnd in Gestalt und Lage? Dann mufste jede bisher ausgeführte Bestimmung vergeblich sein, und es hiefse nunmehr dauerndere Gebilde aufsuchen zum Ausgangspunkt einer neuen Rotationsbestimmung. Immerhin ist die Arbeit, die in der Karte niedergelegt ist, sehr dankenswerth, denn jeder Beobachter wird jetzt in der Lage sein, Messungen auf Grundlage der de Vicoschen Periode zu reduziren und mit der Karte zu vergleichen. Hieraus mufs sich aber bald ein Urtheil über die Richtigkeit dieser Hypothese ergeben.

Von den anderen Planeten ist Jupiter in Beziehung auf seinen

Umschwung der interessanteste. Er besitzt eine Eigenschaft, die man sonst nur auf der Sonne mit Sicherheit nachweisen konnte und die auf die Frage nach seiner physikalischen Konstitution ein helles Licht wirft. Seine Theile rotiren nämlich nicht alle mit derselben Geschwindigkeit. Die schönen Abbildungen, welche Herr Keeler im vorigen Jahre für unsere Zeitschrift geliefert hat, zeigen diese Erscheinung leicht beim Vergleich zweier, um etwa 24 Stunden auseinander liegenden Beobachtungen. Wie gesagt, zeigt der Sonnenball dieselbe Eigenschaft. Flecken in gröfseren nördlichen oder südlichen Breiten rotiren langsamer als diejenigen, die dem Aequator nahe liegen. Für die Sonne ist es längst gelungen, ein einfaches



Venus-Hemisphären nach Niesten und Stuyvaert.

Gesetz zu finden, nach welchem die Rotationsdauer mit der Breite sich ändert. Anders für Jupiter: Herr Belopolski, der alle diesbezüglichen Messungen gesammelt hat, konnte kein Gesetz auffinden, das sich gleich einfach gestaltet hätte. Nur insofern als der Aequatorgürtel des gröfsten Planeten, wie bei der Sonne, sich schneller bewegt, zeigt sich Uebereinstimmung. Im übrigen aber ergeben sich grofse Unregelmäfsigkeiten. Wie sollen wir uns dieselben erklären? Eines dürfen wir offenbar bereits aus den früheren Beobachtungen Jupiters schliefsen, dafs er nämlich keine starre Masse bildet, wie unsere Erde, sondern dafs sich seine Theile noch eine gewisse Verschiebbarkeit bewahrt haben, wie diejenigen des Sonnenballs. Aber welcher Art sind die Gebilde, die das Teleskop auf der Oberfläche des Jupiter nachweist? Wir müssen vorsichtigerweise noch: „ignoramus“ sagen. Herr Belopolski hält dafür, dafs die Erscheinungen sich den Phänomenen der Passate und Antipassate an die Seite stellen lassen, wie sie in der irdischen Atmosphäre vor sich gehen. Auch diese ziehen ja in der Nähe des Aequators demselben nahe parallel

über den Ozean hin. Aber dazu gehört die gewagte, durch die irdischen Vorgänge nicht bestätigte Hypothese, dafs in der Region der Antipassate auf dem Jupiter dicke Wolkengebilde sich finden. Da auch die beiden Halbkugeln des Jupiter Verschiedenheiten gegen einander in Beziehung auf die Rotation aufweisen, so liegt es nahe, an die Verschiedenheit in der Vertheilung von Wasser und Land auf unserer Erde zu denken. Eine so gewaltige Masse, wie der rothe Fleck auf der Südhemisphäre Jupiters, dem nichts auf der nördlichen Halbkugel entspricht, weist bereits auf eine beträchtliche Verschiedenheit in der Vertheilung der Materialien dort oben hin. Eine solche mufs aber einer verschiedenen Einwirkung durch die Sonnenstrahlung unterliegen, und die Folgen dieser ungleichen Erwärmung sind es, die in jenen Unregelmäfsigkeiten zu Tage treten.

Herr Stanley Williams, welchem wir viele schöne Beobachtungen über den oben erwähnten Planeten verdanken — er hat ihn zwei- bis dreitausend Mal beobachtet — hat neuerdings sich dem Saturn zugewendet.[1]) Bereits Herschel hatte die Umschwungszeit dieses Weltkörpers nach Beobachtungen eines Flecks auf $10^h\ 16^m\ 24^s$ bestimmt. Herr Williams hat nun mit Hülfe seines $6^1/_2$ zölligen Instruments im Mai vorigen Jahres zwei Flecken auf dem Saturn entdeckt, einen schwachen dunklen und einen hellen, in der Aequatorialzone gelegenen. Aus 80 Durchgangsbeobachtungen hat er die Zeit von $10^h\ 15^m\ 5^s$ als Umschwungszeit ermittelt. Er hofft, diese Beobachtungen noch fortzusetzen und auch ältere Flecken wieder aufzufinden. Auch andere Beobachter werden hier eine dankbare Aufgabe finden. Die Sicherheit in der Bestimmung des Saturntages wird damit bedeutend wachsen.

Um noch die anderen Planeten zu erwähnen, so ist die Umschwungszeit des Mars sehr genau bekannt — und das ist kein Wunder bei der Menge geeigneter Markirungen, welche seine Oberfläche darbietet. Von den beiden äufsersten Mitgliedern der Planetenfamilie aber ist uns nichts gemeldet worden, was einen Anhalt für ihre Rotationsperiode böte, wenn wir absehen von den merkwürdigen, streifenartigen Bildungen, welche neuerdings mit dem 36-Zöller vom Berge Hamilton auf dem Uranus nachgewiesen wurden: Bildungen, die zwar einen Wechsel an Gestalt zeigen, die aber überhaupt wohl noch der Bestätigung durch andere Beobachtungen bedürfen, um später dem Zwecke einer Rotationsbestimmung zu dienen. Sm.

[1]) Vergl. Himmel und Erde IV, S. 49.

Ein neuer Stern. Sterne entstehen und vergehen, warum sollten sie auch vor irdischen Dingen die Ewigkeit voraushaben? Aber selten gelingt es, eine Welt in ihrem Werdeprozefs zu belauschen. Fast nie geschieht es, dafs ein Stern mit solcher Plötzlichkeit ins Dasein tritt, wie der, von dessen Existenz zuerst eine an die Cambridger Sternwarte gerichtete anonyme Postkarte vom 1. Februar Kenntnifs gab. In der Milchstrafse, zwei Grad südlich von χ Aurigae und 26 Aurigae vorangehend, ist in der That ein Stern fünfter Gröfse erschienen, der also dem blofsen Auge erkennbar ist. Dieser Stern ist nicht verzeichnet in den Bonner Sternkarten, die doch die teleskopischen Sterne bis zur 9,5 Gröfse enthalten. Er mufs also, wenn er überhaupt vorhanden gewesen ist, plötzlich die 150fache Lichtstärke erhalten haben, da ein Stern einer bestimmten Gröfsenklasse $2^1/_2$ mal so viel Licht aussendet, als einer der nächst niedrigeren. Aber er wechselt seinen Glanz und bereits am 1. Februar erschien er Herrn Copeland nur noch von der sechsten Gröfse, so hell wie 26 Aurigae. Das Spektrum des Sterns, wie es mit Hülfe eines vor das Okular des 24-zölligen Reflektors gebrachten Prismas erschien, erinnerte stark an dasjenige des neuen Sterns vom Jahre 1866. Es ist — was auch bereits auf der hiesigen Urania-Sternwarte bestätigt werden konnte — ein kontinuirliches Spektrum mit einer aufserordentlich hellen rothen Linie, einer gut sichtbaren hellen Linie bei D, vier hellen Streifen im Grün und einer aufserordentlich hellen Linie im Violet (wahrscheinlich $H\gamma$). Bei Abschlufs unserer Mittheilung erreicht uns die merkwürdige Nachricht, dafs der Stern sich bereits im Dezember gezeigt hat, zwar nicht dem beobachtenden Auge, wohl aber auf photographischen Aufnahmen, die Herr Pickering zu Cambridge in Amerika von den Spektris jener Region des Himmels im Interesse seines Spektrenkatalogs hat herstellen lassen. Danach erschien er am 1. Dezember schwach, am 10. hell und erreichte das erste Maximum seines Glanzes am 20. Dezember, während das Spektrum, welches als einzig in seiner Art bezeichnet wird, sonstige Aenderungen nicht anzeigte. Es ist kaum anzunehmen, dafs damals die Intensität der chemischen Strahlen des Sterns allein einen so bedeutenden Aufschwung genommen hat; jene Gegend des Himmels scheint vom Dezember ab nicht genügend mit den Augen abgesucht worden zu sein, sonst hätte er nicht bis zum 1. Februar Versteck spielen können. Schliefslich theilt uns Herr Archenhold mit, dafs nach seinen Ocularbeobachtungen, wie auch nach photographischen Aufnahmen, der Stern in der kurzen Zeit von zwanzig Stunden Helligkeitsschwankungen von 0,6 Gröfsenklassen

durchmachte. Wie sich das merkwürdige Phänomen dieser Neubildung mit Berücksichtigung der beobachteten Spektralerscheinungen erklärt, darüber müssen wir uns wegen Raummangels weitere Mittheilungen vorbehalten. Nur das eine dürfen wir hier schon als wahrscheinlich hinstellen, dafs diese Sonne, wie alle in historischer Zeit neu gebildeten, bald wieder zur völligen oder fast vollständigen Unsichtbarkeit herabdunkeln wird. —r.

Nachtrag (27. Februar 1892). Inzwischen hat sich auch der Entdecker der neuen Welt gemeldet in Person des Rev. Anderson, der dieselbe zuerst am 23. Januar bemerkte und durch seine genaue Kenntnifs aller am nördlichen Himmel sichtbaren Sterne befähigt war, dieselbe als neu zu erkennen. Ferner hat eine photographische Aufnahme des Spectrums nach einem Schreiben des Geh. Rath Vogel ein „unerwartetes, aber sehr interessantes Resultat" ergeben. Das Spectrum zeigt die bekannten Wasserstofflinien dunkel, an der weniger brechbaren Seite jeder Linie erscheint aber eine stark verbreiterte und intensiv helle Linie. Es besteht also aus zwei übereinander gelagerten Spectren, von denen das eine im wesentlichen nur helle Linien hat. Nach vorläufigen Messungen sind beide Spectren so stark gegen einander verschoben, dafs sie sich mit einer Geschwindigkeit von 120 geographischen Meilen gegen einander bewegen müssen, einer selbst in Fixsternräumen bisher unbekannten Schnelligkeit. „Da die hellen Linien nach dem Roth hin verschoben erscheinen, so kann die Ursache der Verschiebung nicht in einem Gasausbruche nach uns zu gesucht werden, sondern die vorliegende Erscheinung wird wohl durch die von Wilsing[2]) auf neue Sterne erweiterte Hypothese von Klinkerfues über den Lichtwechsel veränderlicher Sterne zu erklären sein." Diejenige Theilwelt, deren Spectren helle Linien zeigt, bewegt sich mit der unerhörten Geschwindigkeit von etwa 75 geogr. Meilen von uns fort.

[2]) Himmel und Erde II, S. 384.

Berichtigung.

S. 240, Zeile 17 v. u. lies fünfmal statt viermal.

S. 241, Zeile 5 v. u. lies $C_{600}\ H_{960}\ N_{154}\ S_3\ Fe_1\ O_{179}$ statt $C_{600}\ H_{960}\ N_{150}\ S_3\ O_{179}$.

Nachträglich bemerken wir auch noch, dafs die Abbildungen zu dem Aufsatz über „Bolometer und Radiomikrometer" zum Theil der „Zeitschrift für Instrumentenkunde" (Berlin, Verlag von Springer) entnommen sind.



A. v. Braunmühl: Christoph Scheiner als Mathematiker, Physiker und Astronom. 24. Band der bayerischen Bibliothek. Bamberg, Buchnerscher Verlag. 1891. Preis 1,40 M.

Christoph Scheiner, der als Entdecker und treuer Beobachter der Sonnenflecken, sowie als Erfinder des Storchschnabels allbekannte Jesuitenpater, hat in dem vorliegenden, durch vortreffliche Illustrationen luxuriös ausgestatteten, verdienstvollen Werkchen merkwürdigerweise seine erste Biographie gefunden. Seine hervorragenden Leistungen, die sogar auch in das Gebiet der physiologischen Optik hineinragen, hätten sicherlich schon früher die gebührende Würdigung gefunden, wären sie nicht allzu sehr durch den Ruhm seiner Zeitgenossen Galilei und Keppler beschattet worden. Dazu kommt noch, dafs jene wegen des kühnen Freimuths, mit welchem sie für die durch Dogmen ungehinderte Entfaltung der Forschung eintraten, eine hohe kulturgeschichtliche Bedeutung erlangten, während Scheiner, obschon zwar den Zwang aristotelischer Schulweisheit überwindend, jeden Conflikt mit den Satzungen seines Ordens vermied und sogar vielleicht weniger durch Ueberzeugung, als durch unlautere Eifersucht getrieben, seinen nicht unbedeutenden Einflufs in einem den Bestrebungen Galileis entgegengesetzten Sinne geltend machte. Solche persönliche Eigenschaften dürfen uns indessen gegenwärtig nicht mehr abhalten, die Verdienste eines zweifellos hochbegabten Gelehrten in klares Licht zu stellen und dadurch das Bild des so hochbedeutsamen Zeitalters der Reformation auf allen Gebieten in sehr wesentlicher Weise zu vervollständigen. Wir können daher die vorliegende, anziehend geschriebene Studie unseren Lesern auf das angelegentlichste empfehlen. F. Kbr.



Geodesy by J. Howard Gore. London, William Heinemann. 1891.

Offenbar ist einer der pädagogisch richtigsten Wege, eine Wissenschaft zu lehren, der historische; denn die Geschichte zeigt die Erkenntnifs vom Einfachen zum Complicirten, vom Leichten zum Schwierigen fortschreitend. Kommt nun einem Stoffe noch ein so vielseitiges Interesse zu, wie es bei der Geodäsie der Fall ist, so darf man von einem Gelehrten wie dem New-Yorker Astronomen ein didaktisches Musterwerk erwarten. Man wird darin nicht betrogen: Der Verfasser beschränkt sich zum Vortheile der gleichmäfsigen Behandlung fast ausschliefslich auf das Problem der Gradmessung, aber er zieht auch die Fortschritte anderer Wissenschaften, welche die Auflösung dieses Problems gefördert haben, in die Betrachtung. So finden wir Newton bei der Arbeit, die Anziehungskraft der Erde gegen den Mond zu berechnen, wir stofsen auf Huyghens, dem das Studium der Pendelschwingungen die Gestalt der Erde verrathen soll, wir lesen von Snellius als dem Vervollkommner der Trigonometrie und vernehmen, wie das Studium der Ausdehnung der Körper

durch die Wärme, gerade durch die Erdmessung angeregt, ihr wieder zu gute kam. Wir erfahren von den Lothabweichungen, welche an den Alpen, am Himalaya und in Russland studirt wurden, und verfolgen die geschichtliche Entwicklung winkelmessender Instrumente. Die historische Betrachtung, die sonst mit des Eratosthenes Methode begonnen zu werden pflegt, wird hier noch rückwärts verfolgt bis zu den Babyloniern, von deren Vermessungen neu aufgefundene Keilschrifttexte berichten. Bei jedem Schritt, der in der Entwicklung der Geodäsie gemacht wurde, weist der Verfasser jedesmal auf die Fehlerquellen hin, die die Resultate verunstalteten, und er giebt stets die Zahlen, die in die Rechnung eingingen, so dafs ein Urtheil über den Betrag der Endfehler gestattet ist. Vielleicht geht er gerade in diesem Zahlenmaterial etwas zu weit, so dafs es an einzelnen Stellen ermüdend wirkt. Niemand wird das interessante Buch unbelehrt aus der Hand legen. Sm.



Hallier, Aesthetik der Natur. Stuttgart, 1891. Verlag von Ferd. Enke. Preis 10 Mk.

Unter obigem Titel erschien ein Buch des bekannten Naturforschers Ernst Hallier, das in weiten Kreisen Beachtung und Anerkennung verdient. Es ist ein gewagtes Unternehmen, den Zauber der Sinnenwelt einer Zergliederung zu unterwerfen, besonders dem in vielen Kreisen noch nicht ganz überwundenen Vorurtheil gegenüber, dafs wissenschaftliche Erkenntnifs das Gefühl erkälten, die schaffende Bildkraft der Phantasie ertödten, und so den Naturgenufs stören müfste. Und doch wächst gleichmäfsig mit der Bildung des Menschen auch der unaufhaltsame Trieb, tiefer in den ursächlichen Zusammenhang der Erscheinungen einzudringen, und diesem Trieb gewährt das Hallier sche Werk schnelle und doch sichere Befriedigung, indem der Autor für seine Ausführungen fruchtbaren Stoff aus dem Schatze wissenschaftlicher Forschungsergebnisse und treffende Beispiele aus den besten Naturschilderungen in Poesie und Prosa zu ziehen weifs, ohne durch einseitige Behandlung zu ermüden. — Er giebt zunächst eine Beschreibung der Hauptsinnesorgane und der Empfindungen im allgemeinen, sowie im besonderen, und geht dann zu dem Naturleben über, um sich nach einander mit dessen Grundlagen: dem nächtlichen und dem täglichen Himmel, den Aeusferungen der Kräfte des Erdinnern, der Oberflächenbeschaffenheit der Erde in geologischer und geographischer Hinsicht, der Vertheilung von Wasser und Land, zuletzt mit der Pflanzendecke und dem Thierleben, bis zum Menschen aufwärts, zu beschäftigen. Auf diese Weise giebt er eine wahre und gründliche Vorbildung für das ästhetische Naturverständnifs und zeigt an vielen Beispielen, dafs es drei verschiedene Arten ästhetischer Empfindungen giebt, die er als drei ästhetische Ideen unterscheidet, nämlich: Schönheit, Erhabenheit und Sehnsucht. Durch Auffindung der Beziehungen dieser drei Ideen zu den religiösen und ethischen bringt er die Aesthetik mit der Sittenlehre in Verbindung, indem er gleichzeitig darthut, dafs die ganze ästhetische Erkenntnifsweise eine Ahnung des Ewigen im Endlichen ist. So lehrt das Buch, in der Natur auch das scheinbar Kleinste nicht als bedeutungslos anzusehen, und wird allen Naturfreunden ein willkommener Führer sein.

Die Austattung ist reich und vornehm, nur wäre zu wünschen gewesen, dafs der Text in innigere Beziehung zu den Illustrationen gesetzt worden wäre. Viele Bilder werden im Text garnicht erwähnt, so dafs es dem Leser überlassen bleibt, die Zugehörigkeit derselben zu den Ausführungen des Autors herauszusuchen. D. M.

Verzeichnifs der vom 1. August 1891 bis 1. Februar 1892 der Redaktion zur Besprechung eingesandten Bücher.

Annuaire de l'Observatoire municipal de Montsouris pour l'an 1892. Paris, Gauthier-Villars et Fils.

Backhouse, T., Publications of West Hendon House Observatory, Sunderland. No. 1. The Structure of the sidereal Universe. Sunderland, Hills & Co., 1891.

Berg, E., Ueber die Häufigkeit und Vertheilung starker Regenfälle im europäischen Rufsland. Mit einer Karte. St. Petersburg, 1891.

Boeddicker, O., The scientific Transactions of the royal Dublin Society, Vol. IV (Series II), IX Lunar radiant Heat, measured at Birr Castle Observatory during the total Eclipse of January 28, 1888. Dublin, Ponsoly & Wedrick, 1891.

Boltzmann, L., Vorlesungen über Maxwells Theorie der Elektrizität und des Lichtes. 1. Theil. Ableitung der Grundgleichungen für ruhende, homogene, isotrope Körper. Leipzig, J. A. Barth, 1891.

Brotz, Die Witterung und Fruchtbarkeit der einzelnen Jahre im Allgemeinen und im Besonderen oder: Die erste theoretisch-praktische Meteorologie. Selbstverlag.

von Braunmühl, A., Christoph Scheiner als Mathematiker, Physiker und Astronom. Mit Zeichnungen nach photographischen Originalaufnahmen. Bamberg, Gebr. Buchner, 1891.

Bunsen, R., Untersuchungen über die Kakodylreihe (1837—1843). Herausgegeben von A. von Baeyer. Mit drei Figuren im Text. Ostwald's Klassiker der exakten Wissenschaften. Leipzig, W. Engelmann. 1891.

Bureau des Longitudes, Annuaire pour l'an 1892. Paris, Gauthier-Villars et Fils, 1892.

Canizzaro, Abrifs eines Lehrganges der theoretischen Chemie, vorgetragen an der Königl. Universität Genua (1858). Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften. Leipzig, W. Engelmann, 1891.

Coordes, G., Kleines Lehrbuch der Landkartenprojektion. Zweite vermehrte und verbesserte Auflage von B. Koch. Mit 70 neuen Holzschnitten. Kassel, F. Kessler, 1891.

Czuber, E., Theorie der Beobachtungsfehler. Mit 7 in den Text gedruckten Figuren. Leipzig, Teubner, 1891.

Dillmann, Astronomische Briefe, Die Planeten. Tübingen, H. Laupp. 1892.

Dubois, E., De Klimaten der Vororwereld en de Geschiedenis der Zon. Batavia, Ernst & Co., 1891.

Dunér, N. C., Recherches sur la Rotation du Soleil. Upsala, E. Berling, 1891.

Elster, J., und Geitel H., Ueber die durch Sonnenlicht bewirkte elektrische Zersetzung von mineralischen Oberflächen. Leipzig, J. A. Barth, 1891.

Falbs Kalender der kritischen Tage 1892 mit Bezug auf Witterungserscheinungen, Erdbeben und Schlagwetter in den Bergwerken. Wien, A. Hartleben, 1892.

Fényi, J., Meteorologische Beobachtungen, angestellt am Haynald-Observatorium zu Kalocsa in den Jahren 1886—1888, mit einer Beschreibung des Anemometers und des Sonnenscheinautographen, Kalocsa. F. Werner, 1891.

Galilei, Galileo, Unterredungen und mathematische Demonstrationen über zwei neue Wissenszweige, die Mechanik und die Fallgesetze betreffend. Anhang zum dritten und vierten Tage, fünfter und sechster Tag. Mit 23 Figuren im Texte (1683). Herausgegeben von A. von Oettingen, Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften. Leipzig, W. Engelmann, 1891.

Geleich, E., Die Uhrmacherkunst und die Behandlung der Präzisionsuhren. Mit 249 Abbildungen. Wien, A. Hartleben, 1892.

Gore, Geodesy. London, Heinemann, 1891.

Grützmacher, A. W., Jahrbuch der meteorologischen Beobachtungen der Wetterwarte der Magdeburgischen Zeitung. Band IX, Jahrgang X, 1890, Magdeburg, Faber, 1891.

Günther, S., Physikalische Geographie. Mit 29 Abbildungen. Stuttgart, G. J. Göschen, 1891.

Hepites, S. C., Annale Instititului Meteorologie al Romaniei, Tom. IV. 1888, Bucuresti, 1891.

Hirsch, A., und Plantamour E., Nivellement de précision de la Suisse exécuté par la Commission géodésique fédérale. Neuvième et dixième Livraison. Genève, H. Georg, 1891.

Hoernes, M., Die Urgeschichte des Menschen nach dem heutigen Stande der Wissenschaft. Wien, A. Hartleben, 1891.

Hornberger, R., Grundrifs der Meteorologie und Klimatologie, letztere mit besonderer Rücksicht auf Forst- und Landwirthe. Mit 15 Textabbildungen und 7 lithographischen Tafeln, Berlin, P. Parey, 1891.

Jansen, W., Die Kreiselbewegung. Untersuchung der Rotation von Körpern, welche in einem Punkte oder garnicht unterstützt sind. Mit vielen Abbildungen. Berlin, F. Luckhardt, 1891.

Jourdan, E., Die Sinne und Sinnesorgane der niederen Thiere. Leipzig, J. J. Weber, 1891.

Körber, F., Ueber das Meteor vom 14. Oktober 1890. Frankfurt a./M., C. Naumann, 1891.

Liebig, J., Abhandlung über die Constitution der organischen Säuren (1838). Herausgegeben von H. Kopp. Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften, Leipzig, W. Engelmann, 1891.

Marth, A., On the Conjunction of Venus and Jupiter 1892 February 5—6. Ephemeris of the Satellites of Saturn 1891—1892.

do. Ephemeris of the Satellite of Neptune 1891—92. Ephemeris for physical Observations of the Moon, 1891, Nov. 9., Dec. 25.

do. Ephemeris of the Satellites of Saturn, 1891—92.

Meyer, M. W., Mufsestunden eines Naturfreundes. Skizzen und Studien über himmlische und irdische Dinge. Mit 32 Illustrationen. Berlin, Allg. Verein für deutsche Litteratur, 1891.

Pasteur, L., Ueber die Asymmetrie bei natürlich vorkommenden organischen Verbindungen (1860). Herausgegeben von M. und A. Ladenburg. Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften. Leipzig, W. Engelmann, 1891.

Paulsen, A. F. W., Observations internationales polaires 1882—1883. Expédition danoise. Aurores Boréales observées à Godthaab (Extrait du Tome I.) Copenhague, B. Luno, 1891.

Preyer, W., Elemente der allgemeinen Physiologie. Leipzig, Griebens Verlag, 1883.

Rajna, M., Sul Metodo Grafico Nel Calcolo delle Ecclissi Solari. 1891.

do. Sulle Ecclissi Solari Del 6. Giugno 1891 e del 16. Aprile 1893.

Schmidt, M. A., Die Strahlenbrechung auf der Sonne; ein geometrischer Beitrag zur Sonnenphysik. Mit Figuren im Text. Stuttgart, J. B. Metzler, 1891.

Schröder, H., Die Elemente der photographischen Optik. Enthaltend eine gemeinverständliche Darstellung der Einrichtung photographischer Linsen-

systeme, sowie Angabe über Prüfung derselben. Mit 85 Figuren im Text. Berlin, R. Oppenheim, 1891.

Schröder, H., Untersuchungen über die sympathetischen Klänge der Geigeninstrumente und eine hieraus folgende Theorie der Wirkung des Bogens auf die Saiten. Leipzig-Reudnitz, C. Rühle, 1891.

Secchi, A., Die Einheit der Naturkräfte. Ein Beitrag zur Naturphilosophie. 2. Aufl. Mit 16 in den Text gedruckten Holzschnitten. Braunschweig, O. Salle, 1891.

Seeliger, H., Neue Annalen der Königl. Sternwarte in Bogenhausen bei München I. C. bei G. Franz, 1891.

Seibt, W., Der selbstthätige Universalpegel in Swinemünde. System Seibt-Fuefs. Mit einer Tafel. Berlin, W. Ernst & Sohn, 1891.

Smithsonnian Institution, Annual Report of the Board of Regents of the Smithsonnian Institution showing the Operations, Expenditures and Condition of the Institution to July 1889. Washington, 1890.

Stapff, F. M., Christalline Schists of the Lepontine Alps, extracted from the Geological Magazine, Decade III, Vol. IX, No. 331.

Thomson, W., Populäre Vorträge und Reden. Band I. Berlin, 1891.

Ule, W., Die Erde. 2. Umgearbeitete Auflage. Mit zahlreichen Buntdruckkarten, Vollbildern und Textabbildungen. Braunschweig, O. Salle, 1891.

von Urbanitzky, A., und Zeisel S., Physik und Chemie. Eine gemeinverständliche Darstellung der physikalischen und chemischen Erscheinungen in ihren Beziehungen zum praktischen Leben. Wien, A. Hartleben, 1891.

Veeder, M. A., The Zodiacal Light. Rochester Academy of Science, 1891.

Violle, J., Lehrbuch der Physik, 1. Theil: Mechanik, 1. Band: Allgemeine Mechanik und Mechanik der festen Körper. Mit zahlreichen in den Text gedruckten Figuren. Berlin, J. Springer, 1891.

Vogel, E., Praktisches Taschenbuch der Photographie. Mit vielen Abbildungen. Berlin, R. Oppenheim, 1891.

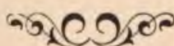
Vogel, H. W., Handbuch der Photographie. 1. Theil: Photochemie und Beschreibung der photographischen Chemikalien. Mit 13 Tafeln. Berlin, R. Oppenheim, 1890.

Vogel, H. W., Handbuch der Photographie. 4. Theil: Photographische Kunstlehre oder: Die künstlerischen Grundsätze der Lichtbildnerei. Mit drei Kunstbeilagen und 166 Illustrationen im Text. Berlin, R. Oppenheim, 1891.

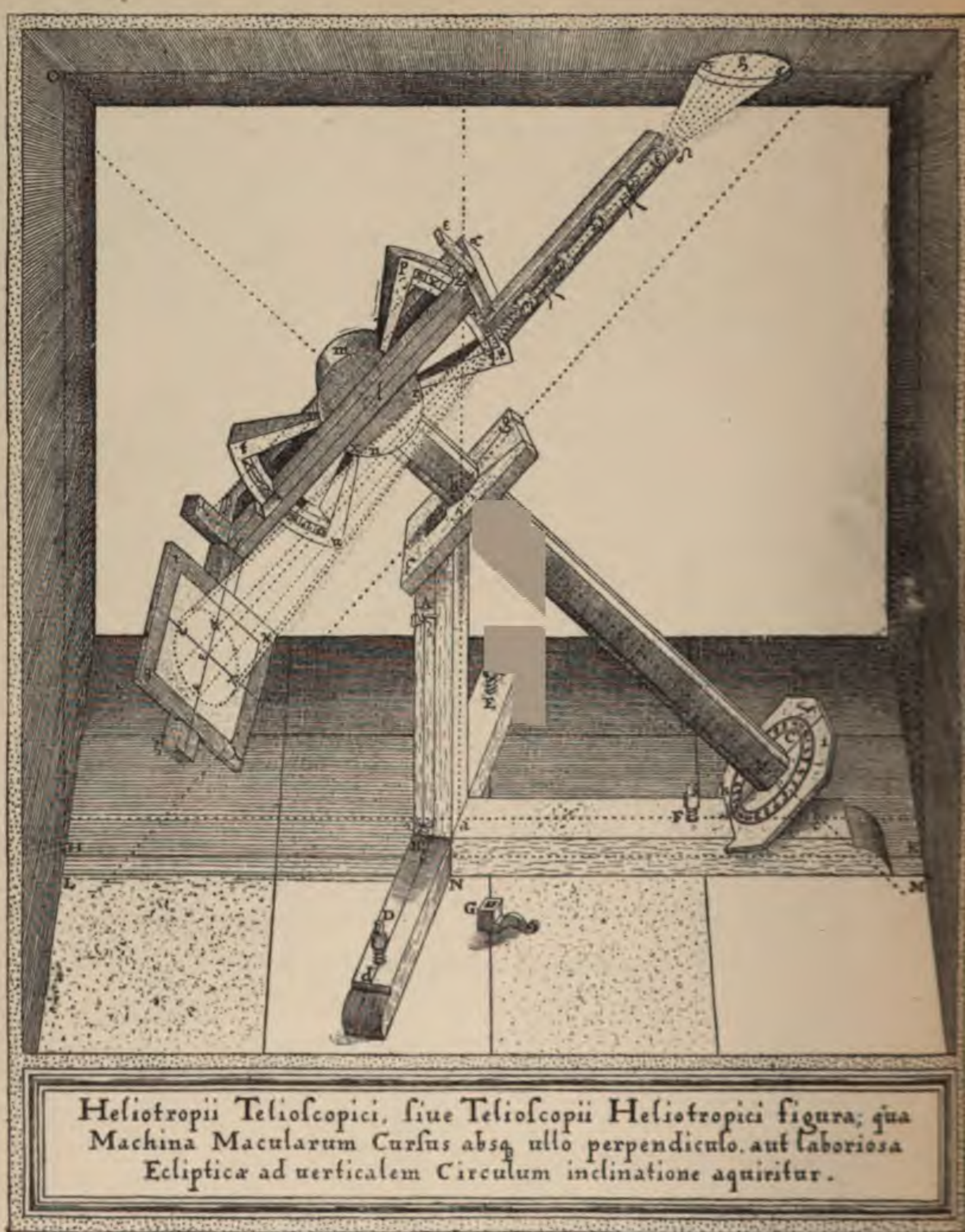
Weifs, E., Annalen der K. K. Universitätsternwarte in Wien (Währing). VII. Band, Wien, Vernay, 1891.

Wilhelmy, L., Ueber das Gesetz, nach welchem die Einwirkung der Säuren auf den Rohzucker stattfindet (1850). Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften. Leipzig, W. Engelmann, 1891.

Zacharias, O., Die Thier- und Pflanzenwelt des Süfswassers. Zwei Bände, mit einer grofsen Anzahl Abbildungen. Leipzig, J. J. Weber, 1891.



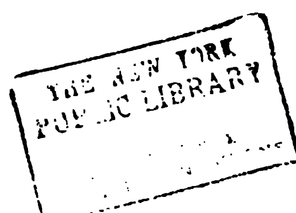
Verlag von Hermann Paetel in Berlin. — Druck von Wilhelm Gronau's Buchdruckerei in Berlin
Für die Redaction verantwortlich: Dr. M. Wilhelm Meyer in Berlin.



Christoph Scheiners Heliotrop, eine parallactische Vorrichtung zur Beobachtung der Sonne.



Lauf der Sonnenflecken vom 18. April bis 1. Mai 1625,
nach Christoph Scheiner (Rosa ursina, S. 207).





Mittlere und absolute Wärmeextreme in Europa.

Von Prof. Dr. W. J. van Bebber.

Unter den klimatischen Elementen ist jedenfalls die Temperatur das wichtigste, indem die Entwickelung und das Leben aller Organismen von der Wärme in erster Linie abhängig sind, welche unserer Erde und insbesondere unserer Lufthülle durch die Sonnenstrahlung mitgetheilt wird. Die Darstellung der klimatischen Wärmeverhältnisse eines bestimmten Ortes oder eines gröfseren Gebietes hat sich über die am häufigsten auftretenden oder die mittleren Wärmeerscheinungen zu verbreiten, dann aber auch klarzulegen, inwiefern Abweichungen von diesen Verhältnissen in einem längeren Zeitraume vorkommen können und die Gröfse dieser Abweichungen ziffernmäfsig zu bestimmen.

Durch die Doppelbewegung unserer Erde sowohl um ihre Achse, als auch um die Sonne wird ein andauernder Wechsel der Sonnenstrahlung verursacht, welcher sowohl an der Erdoberfläche, als auch in der Atmosphäre eine aufserordentlich grofse Mannigfaltigkeit in den verschiedenen Erscheinungen hervorruft, die auf dem ganzen Erdball mehr oder weniger periodisch auftreten, so dafs die Wärmeerscheinungen bei allen atmosphärischen Vorgängen die erste Rolle spielen. Diese periodisch wiederkehrenden Wärmeerscheinungen werden wiedergegeben durch die mittleren Jahres-, Monats- und Tagestemperaturen und ihre durchschnittlichen Schwankungen.

Die mittleren Jahrestemperaturen geben zwar ein anschauliches Bild über die mittleren Wärmeverhältnisse eines Ortes oder Gebietes; allein, da die Wärmeerscheinungen in den verschiedenen Gebieten unserer Erde mehr oder weniger grofsen Wandlungen unterworfen

sind, welche je nach der Lage und der Beschaffenheit der Nachbarschaft sehr verschieden sein können, so ist die Angabe der mittleren Jahrestemperatur an und für sich nicht hinreichend, die mittleren thermischen Zustände in der Weise zu kennzeichnen, dafs diese Werthe für die einzelnen Klimagebiete mit einander vergleichbar sind. Beispielsweise haben London und Budapest nahezu dieselbe mittlere Jahrestemperatur ($10^1/_2{}^0$ C.), aber wie verschieden sind nicht die Wärmeerscheinungen, welche sich im Laufe des Jahres für beide Orte vollziehen! Zu London ist die dem Januar zukommende Wärme durchschnittlich 3,5^0, die dem Juli eigenthümliche 17,9^0, während zu Budapest die mittlere Januartemperatur — 1,4^0 und die mittlere Julitemperatur 22,3^0 C. beträgt. Zu London kann man sich durchschnittlich in jedem Jahre auf die extremen Temperaturen + 31^0 und — 8^0 gefafst machen, zu Budapest auf solche von + 33^0 und — 12^0, so dafs also die mittleren Wärmeschwankungen am ersteren Orte viel geringer sind, als am letzteren; und ebenso sind die Tagesschwankungen der Temperatur zu London viel kleiner als zu Budapest. Dafs solche Unterschiede für die Vegetationsverhältnisse von hervorragender Bedeutung sind, braucht wohl kaum erwähnt zu werden.

Die mittleren periodischen Schwankungen der Temperatur kommen in den Monats-, Dekaden-, Pentaden- oder Tages-Mitteln zum schärferen Ausdruck, bei deren Ableitung eine um so längere Beobachtungsreihe benutzt werden mufs, je kürzer die einzelnen Zeitabschnitte gewählt wurden. Die mittleren Monatstemperaturen geben eine gute allgemeine Vorstellung über den mittleren Wärmegang im Laufe des Jahres, über das Ansteigen der Temperatur vom Winter zum Frühjahr und Sommer und über die Abnahme derselben vom Sommer zum Herbst und Winter. Der Unterschied des wärmsten und kältesten Monats bezeichnet die mittlere Wärmeschwankung im Laufe des Jahres, die für die Charakterisirung der einzelnen Klimate von hoher Wichtigkeit ist. Eigentlich sollte die jährliche Schwankung der Temperatur aus den Tagesmitteln bestimmt werden, indessen sind die Wärmeänderungen in den extremen Monaten verhältnifsmäfsig nicht sehr bedeutend, so dafs auch jener Unterschied nicht sehr erheblich ist.

Von sehr hoher klimatischer Wichtigkeit ist der tägliche Gang der Wärme und ihre Schwankung in der täglichen Periode. Die geographische Breite, die Jahreszeit, die Gestaltung der Erdoberfläche, die Beschaffenheit der Nachbarschaft, die Feuchtigkeit der Luft, die Bewölkung u. s. w., alle diese Umstände beeinflussen den täglichen Gang der Wärme. Bei der Wichtigkeit dieses Elements werden gegen-

wärtig an vielen meteorologischen Stationen stündliche Aufzeichnungen der Temperatur angestellt. Die Tagesschwankungen der Wärme sind auch deswegen von Bedeutung, weil sie ein Mafs dafür abgeben, welchen Temperaturunterschieden der Mensch während eines kürzeren Zeitraumes ausgesetzt ist, indem diese auf sein Befinden und seinen Gesundheitszustand grofsen Einflufs haben. Ein Klima, welches hohe Sommer- und niedrige Wintertemperaturen aufweist, wird man zwar als excessiv, aber deswegen nicht als sehr veränderlich bezeichnen, wohl aber ein solches, welches in kurzen Zeitintervallen bezüglich seiner Temperatur grofse Schwankungen aufweist.

Die Mittelwerthe der Temperatur sind gebildet aus einer Reihe von Einzelwerthen, welche unter sich meistens sehr verschieden sind. Sie verwischen die einzelnen thatsächlichen Wärmeerscheinungen und geben keinen Aufschlufs über die wirkliche Gröfse der einzelnen Schwankungen und über die Abweichungen, welche man in einzelnen Fällen zu erwarten hat. Die höchsten und niedrigsten Temperaturen, welche während eines gröfseren Zeitraumes in der jährlichen und täglichen Periode, sowie innerhalb eines Monats stattfanden, die Häufigkeit der Abweichungen bestimmter Gröfse im Laufe des Jahres sind für die Beurtheilung der klimatischen Verhältnisse einer Gegend von grofser Wichtigkeit. Der durchschnittliche, normale Gang der Temperatur in kürzeren Zeitabschnitten der jährlichen Periode ist gegenüber den Abweichungen sehr gering, diese sind aber vielfach so erheblich, dafs sie auf das organische Leben einen entscheidenden Einflufs ausüben. Daher ist die Angabe der Schwankungen oder der Veränderlichkeit der Temperatur während kürzerer Zeitabschnitte, z. B. von Tag zu Tag, für die Störungen, welche sich im Laufe des Jahres vollziehen, von grofsem Werthe.

Die höchsten und niedrigsten Temperaturen, welche im Laufe des Jahres durchschnittlich vorkommen oder welche gelegentlich in sehr heifsen Sommern oder sehr strengen Wintern aufzutreten pflegen, sind für die Beurtheilung der Vegetationsgrenzen, sowie der Möglichkeit gewisser Bodenculturen von nicht geringer Bedeutung. Die mittleren Jahresextreme für einen Ort erhält man, wenn man aus einer längeren Jahresreihe von Temperaturbeobachtungen die in jedem Jahre beobachteten niedrigsten und höchsten Stände des Thermometers addirt und aus den Summen das Mittel nimmt. Diese Mittel geben uns an, auf welche extremen Temperaturen wir uns im Jahre durchschnittlich gefafst machen können. Die absoluten Temperaturextreme bezeichnen die Grenzen, zwischen welchen sich die Temperatur an einem Orte in

dem in Betracht kommenden Zeitraum bewegt hat, oder welche höchsten und tiefsten Temperaturen gelegentlich einmal vorkommen können.

Im Jahre 1881 veröffentlichte Hann die mittleren und absoluten Jahresextreme für Oesterreich-Ungarn, und in demselben Jahre Wild für das Russische Reich. Seit dieser Zeit sind gröfsere Arbeiten über diesen Gegenstand nicht mehr erschienen. In neuerer Zeit hat man den Jahresextremen wieder eine gröfsere Aufmerksamkeit zugewandt, insbesondere Hann in seinem Handbuch der Klimatologie, und so sind für eine Reihe von Orten die mittleren Jahresextreme berechnet worden. Ich habe nun das vorhandene Material für Europa gesammelt, einiges Neue hinzugefügt und das Ganze zu einer kartographischen Darstellung für unseren Erdtheil verarbeitet. Es mufs dabei bemerkt werden, dafs für einige Gegenden unseres Gebietes das Material lückenhaft ist, namentlich für die britischen Inseln, für Frankreich und Schweden. Ferner sind, streng genommen, die Zahlen nicht ganz mit einander vergleichbar, indem sie sich auf verschiedene Jahresreihen beziehen; aber immerhin umfassen sie einige sehr heifse Sommer und einige sehr strenge Winter, insbesondere den beispiellos strengen Winter 1879/80, so dafs sie doch ein ganz gutes Bild der mittleren Grenze zu gewähren im stande sind, innerhalb welcher sich die Temperatur in Europa bewegt. Auch die Aufstellung der Thermometer hat einen mehr oder weniger grofsen Einflufs auf die Angaben der Temperaturextreme, so dafs eine Kritik des in Betracht kommenden Beobachtungsmaterials wohl am Platze wäre. Was nun die Konstruktion der Karten betrifft, so sind die Orte mit gleichen mittleren Jahresmaxima und Jahresminima von 5^0 zu 5^0 C. mit einander verbunden, wobei Stationen mit grofsen Seehöhen nicht berücksichtigt wurden. Die eingeschriebenen Zahlen bedeuten die absoluten Extreme, welche innerhalb der benutzten Jahresreihen beobachtet wurden. Auch sie sind aus den angegebenen Gründen nicht ganz mit einander vergleichbar. Die dritte Karte veranschaulicht die mittleren und absoluten Jahresschwankungen der Temperatur, wobei die eingeschriebenen Zahlen die absoluten Schwankungen bedeuten. Diese Schwankungen ergeben sich ganz einfach aus der Differenz der Maxima und Minima.

Betrachten wir zunächst die Vertheilung der mittleren Jahresmaxima auf Karte 1, so zeigt sich bei Vergleichung mit den beiden anderen Karten vor allem, dafs die Maxima über dem ganzen Gebiete eine sehr gleichmäfsige Vertheilung haben. In dem breiten Streifen, welcher den gröfsten Theil von Frankreich, Deutschland, Oesterreich-Ungarn und einen grofsen Theil von Rufsland umfafst,

hat man in jedem Jahre ein höchstes Sommerwärme - Maximum von 30⁰ bis 35⁰ C. zu erwarten. Am geringsten sind die Sommermaxima in den nordwestlichen Küstengebieten von Europa, wo sie zwischen 20⁰ und 25⁰ liegen. Nach Süden und Südosten hin nehmen sie zu, so dafs hierdurch die verschiedenen Wirkungen von Land und Meer charakterisirt sind. Hätten wir es hier zu thun mit einer völlig homogenen Erdoberfläche, ohne Unterschied von Land und Meer, von Berg und Niederung, so würden die Jahresmaxima von Norden nach Süden regelmäfsig zunehmen und ein Unterschied von West nach Ost



Mittlere Maxima der Temperatur. Jahresextreme.

(Die eingeschriebenen Ziffern bedeuten absolute Maxima.)

würde nicht bemerkbar sein. In unserem Falle aber stumpft das Meer, sowie die Seehöhe die Maxima ab, und so macht sich ein Gegensatz zwischen Meer und Kontinent (Berg und Niederung) bemerkbar. An der norwegischen Küste erreichen die Jahresmaxima kaum 25⁰, weiter ostwärts in Schweden steigen sie aber über 30⁰ an, weiter ostwärts, über der Ostsee, findet wieder eine Abschwächung statt, so dafs also der Einflufs der Ostsee hier deutlich gekennzeichnet ist. Auch die iberische Halbinsel zeigt den Einflufs der maritimen und konti-

nentalen Lage ganz deutlich: an der Küste, sowohl der atlantischen, als auch der mediterranen, steigt die höchste Sommertemperatur durchschnittlich nicht über 35° an, dagegen im Binnenlande, welches durch Gebirgszüge gegen die Seeluft geschützt ist, übersteigen die mittleren Sommermaxima 40°. Ebenso zeigt Italien höhere Jahresmaxima als die umgebenden Meere. Eine Verschärfung der Jahresmaxima findet also dort statt, wo Gebirge dem Eindringen des atlantischen Luftstromes oder der Seeluft überhaupt ein Hemmnifs entgegenstellen, wie auf der skandinavischen und iberischen Halbinsel. In Deutschland sind die mittleren Jahresmaxima in den westlichen Küstengebieten am geringsten (27° bis 28°), nach Süden und Osten nehmen sie im allgemeinen zu und erreichen hier den gröfsten Werth, etwa 38° bis 39° C.

Wie die Meeresnähe, so stumpft auch die Seehöhe die Jahresmaxima ab. So beträgt auf dem Brocken in einer Seehöhe von 1143 m das mittlere Jahresmaximum 23°, während es in der benachbarten Niederung 33° erreicht. Den besten und am leichtesten erreichbaren Zufluchtsort gegen die Sommerhitze bieten in unseren Gegenden also hohe Berge, wobei allerdings die Lage auch in Betracht fällt.

Wenn auch die absoluten Jahresmaxima viel weniger Vergleichbarkeit haben, als die mittleren Jahresmaxima, so dürften sie doch ein nicht geringes Interesse bieten, indem oft die Frage aufgeworfen wird, bis zu welcher Grenze sich die Temperatur in irgend einer Gegend unseres Erdballs erheben kann. Die eingeschriebenen Zahlen unserer Karte geben hierauf die Antwort. In den Küstengebieten des nordwestlichen Europas steigt das Temperaturmaximum in den heifsesten Sommern selten bis zu 30° an, nur in geschützten Gegenden in der Nähe dieser Küste erreicht oder übersteigt dasselbe 30°. Im Inneren Schwedens kommen schon gelegentlich Temperaturen von über 35° C. vor. In Deutschland sind die absoluten Maxima am geringsten im nordwestlichen Küstengebiete, wo sie etwa bis zu 33° ansteigen. Nach Süden und Osten hin nehmen sie zu und erreichen in extremen Fällen etwa 38°, welches nahezu die höchste Temperatur ist, welche in Deutschland überhaupt vorkommen dürfte. Im Innern der iberischen Halbinsel steigt die Sommertemperatur in sehr heifsen Sommern gelegentlich auf 44°, in Italien auf etwa 41°, und auf der Balkanhalbinsel kommen zuweilen Temperaturmaxima vor, welche 40° erreichen oder etwas übersteigen. Nach Osten hin nehmen die absoluten Maxima bei gleichbleibender Breite im allgemeinen etwas zu, jedoch unregelmäfsig und durch die Lage beeinflufst.

Viel charakteristischere Züge zeigt die Vertheilung der mittleren Jahresminima, welche jedenfalls ein gröfseres Interesse bieten, als die mittleren Jahresmaxima. Bei völlig ebener und homogener Erdoberfläche würden die Minima von Süden nach Norden regelmäfsig an Tiefe zunehmen, allein diese Zunahme erfolgt nicht nach dieser Richtung, sondern von Westen nach Osten, insbesondere nach Nordosten hin. Nur in den südlichen Gebietstheilen erfolgt die Zunahme der Tiefe im allgemeinen von Süden nach Norden hin. Durch dieses Verhalten ist der Gegensatz zwischen Meer und Kontinent deutlich



Mittlere Minima der Temperatur. Jahresextreme.
(Die eingeschriebenen Ziffern bedeuten absolute Minima.)

gekennzeichnet; einerseits ist es der atlantische Ozean, welcher seinen abstumpfenden Einflufs auf die Temperaturminima weithin ostwärts ausbreitet, da dem Eindringen des atlantischen Luftstromes hemmende Gebirge nicht entgegenstehen, und andererseits ist es das Mittelmeer, welches seinen Wirkungskreis nordwärts über seine Ufer ausbreitet, soweit keine Gebirge hindernd entgegenstehen. Die Linie, welche die Gegenden mit meist frostfreien Wintern von solchen trennt, in welchen die niedrigste Temperatur des Winters durchschnittlich unter den Ge-

frierpunkt sinkt, verläuft südwestlich von den britischen Inseln, den Küsten der Iberischen Halbinsel entlang und schneidet im Süden die Südgrenze unseres Erdtheils. An den Westküsten Frankreichs, sowie der britischen Inseln hat man im Winter als tiefste Temperatur durchschnittlich — 5⁰ zu erwarten; nach Osten hin vertiefen sich die mittleren Jahresminima langsam, an der Norwegischen Küste kann man sich in jedem Jahre durchschnittlich auf — 10⁰, im westlichen Deutschland auf etwa — 12⁰ bis — 15⁰, im mittleren Deutschland auf — 15⁰ bis — 18⁰ und im östlichen auf etwa — 20⁰ C. gefafst machen. In Rufsland nehmen die mittleren tiefsten Temperaturen mit der Länge und mit der Breite verhältnifsmäfsig rasch zu. Das mittlere Winterminimum beträgt in St. Petersburg — 30⁰, in Kasan — 32⁰, in Katharinenburg — 38⁰, in Barnaul — 45⁰, in Jakutzk an der Lena — 55⁰, in Werchojansk an der Jana — 62⁰. Weiter nach Osten hin beginnt der Einflufs des Grofsen Oceans sich geltend zu machen, indem die Winterminima wieder abgestumpft werden. Ochotzk hat als mittleres Jahresminimum — 39⁰ und (das allerdings südlich gelegene) Peking — 15⁰ C.

Bemerkenswerth ist die Verschärfung der Minima in solchen Gegenden, welche durch Gebirge gegen die benachbarte Seeluft geschützt sind, so in Skandinavien, Spanien und auf der Balkanhalbinsel. Während an der Norwegischen Küste die Winterminima durchschnittlich nicht unter — 10⁰ herabsinken, vertiefen sie sich ostwärts nach dem Innern Schwedens hin unter — 20⁰; denn ein mächtiger, von Süden nach Norden sich erstreckender Gebirgszug hält hier die warme oceanische Luft ab. Während an den Küsten der iberischen Halbinsel die Temperatur in den meisten Wintern nicht unter den Gefrierpunkt fällt, kommen im Innern in jedem Winter durchschnittlich Temperaturminima unter — 10⁰ vor. Noch auffallender ist der Gegensatz an der Dalmatinischen Küste, wo die Minima nach dem Inlande hin sich aufserordentlich rasch verschärfen. An den Ostufern der Adria fällt im Winter die tiefste Wintertemperatur durchschnittlich kaum bis zu — 5⁰; die Winter sind hier aufserordentlich mild; aber nicht weit entfernt von diesem warmen Klimagebiet, beispielsweise in dem in einem Bergkessel gelegenen Gospic, hat man in jedem Jahre ein Minimum von durchschnittlich — 21⁰ zu erwarten. Die Dalmatinische Küste ist eine Steilküste, welche durch keine Spalten und Thäler mit der Niederung der Adria kommunicirt, so dafs die kalte Luft im Innern der Balkanhalbinsel in ihrem Abflufs nach Westen hin zurückgehalten wird. Nur zuweilen fällt die kalte Luft als „Bora“ über den

Gebirgswall in die Niederungen der Adria, überall hin eisige Kälte verbreitend, obgleich sie bei ihrem Absturz bei je 100 m Fall um einen Grad Celsius erwärmt wird. Nach Osten, nach dem schwarzen Meere hin, werden die Jahresminima wieder abgestumpft, denn hier macht sich der Einfluſs des aegaeischen und schwarzen Meeres geltend. Auch an den Nordufern des schwarzen Meeres zeigen sich ähnliche Verhältnisse, indem hier die Jahresminima rasch nach Norden hin zunehmen.

Im nordwestdeutschen Küstengebiete sind Minima unter — 10°



Mittlere Jahresschwankungen der Temperatur.
(Die eingeschriebenen Ziffern bedeuten absolute Schwankungen.)

verhältnifsmäfsig nicht sehr häufig, dagegen in den östlichen Gebietstheilen gehören Winterminima von — 20° und darunter gerade nicht zu den Seltenheiten; im deutschen Mittelgebirge scheinen die Minima eine Verschärfung zu erfahren.

Im allgemeinen hat die Seehöhe auf die Tiefe der Minima keinen bedeutenden Einfluſs, vielmehr ist die Lage von ganz besonderer Bedeutung. In Thälern, welche durch ihre Lage gegen die westlichen und südlichen Winde geschützt sind, wo also die kalte Luft sich an-

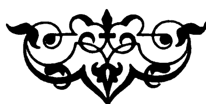
sammeln kann, verschärfen sich die Minima; dagegen an Gebirgshängen, welche nach Westen oder Süden gelegen sind, werden sie abgestumpft.

Die absoluten Minima geben ungefähr dasselbe Bild, wie die mittleren Jahresminima; auch hier zeigt sich der Gegensatz zwischen maritimer und kontinentaler Lage, sowie der Einfluſs der orographischen Lage sehr deutlich. An den Westküsten der britischen Insel sind naturgemäſs die absoluten Minima gering, aber im Binnenlande nehmen sie sehr rasch zu. In den inneren Gebietstheilen von England und Schottland können gelegentlich schon sehr tiefe Minima vorkommen, wie es in dem äuſserst strengen, kalten Winter von 1879/80 der Fall war, wo die Temperatur stellenweise bis zu — 30° herabging; auch im Inneren Irlands kommen noch verhältniſsmäſsig sehr tiefe Temperaturen vor.

Während an den Küsten des südlichen und mittleren Norwegens Temperaturen von — 20° wohl kaum beobachtet wurden, fällt in dem Inneren Schwedens die Wintertemperatur gelegentlich unter — 40°, ja im Januar 1875 wurde in der Gegend von Falun ein Minimum von — 45° beobachtet. — Im westdeutschen Küstengebiete kommen in extremen Fällen Temperaturen von — 15° bis — 20° vor, in Süddeutschland erreichen sie in geschützten Lagen zuweilen — 25° bis — 30°, und im östlichen Deutschland sinken sie in sehr strengen Wintern unter — 30° herab. Weiter nach Osten, insbesondere nach Nordosten hin, verschärfen sich die absoluten Minima immer mehr und erreichen am sibirisch asiatischen Kältepol in den Fluſsgebieten der Lena und Jana auſserordentlich niedrige Werthe. Die absoluten Minima betrugen: zu Petersburg — 39°, zu Kasan — 49°, zu Moskau — 42°, zu Katherinenburg — 45°, zu Barnaul — 55°, zu Jakutzk — 62°, zu Werchojansk — 68°. An der Lena und Jana befinden sich, so weit wir wissen, die kältesten Gegenden unserer Erde. Weiter nach Osten nehmen die absoluten Minima wieder ab; zu Ochotzk wurde als niedrigste Temperatur — 46° beobachtet. Im Inneren der iberischen und Balkanhalbinsel werden gelegentlich noch tiefe Minima beobachtet, auch in Italien kommen zuweilen noch tiefe Wintertemperaturen vor, ja selbst auf Sicilien wurde noch eine Temperatur von — 6° beobachtet.

Die Schwankungen der Temperatur, welche auf unserer dritten Karte dargestellt sind, sowohl die mittleren, wie die absoluten, zeigen insbesondere den abstumpfenden Einfluſs des Meeres und den verschärfenden des Kontinentes. In den nordwestlichen Küstengebieten Europas beträgt die Jahresschwankung kaum 30°, nach Osten und Südosten hin nimmt sie rasch zu. Der Einfluſs der Nord- und Ost-

See, des mittelländischen und des schwarzen Meeres ist auf unserer Karte ganz deutlich ausgeprägt. Verschärfte Schwankungen nach Osten hin finden bis zu dem sibirisch-asiatischen Kältepole statt; in Werchojansk beträgt die mittlere Schwankung 92°, in Jakutzk 88°, während die absoluten Schwankungen in diesen Gegenden etwas über 100° liegen. Diese Schwankungen dürften die gröfsten sein, welche auf unserem Erdball vorkommen und denen der menschliche Organismus ausgesetzt ist.





Ueber einige Probleme der chemischen Mechanik.

Von Dr. A. **Fock** in Berlin.

Unter den verschiedenen Formen, welche die im Weltall vorhandene Energie anzunehmen vermag, nimmt die chemische wohl die erste Stelle ein, denn sie bildet die wesentlichste, wenn nicht einzige Quelle, aus der wir schöpfen. Fast alle in der Technik verwendete Energie ist mehr oder minder chemischen Ursprungs, und auch die gesamte Lebensthätigkeit der Organismen läfst sich schliefslich auf chemische Vorgänge zurückführen.

Dem Ursprunge nach können wir die auf der Erde vorhandene chemische Energie im wesentlichen gewissen Veränderungen und Vorgängen zuschreiben, welche auf der Sonne stattfinden. Als strahlende Energie wird sie unserer Erde mitgetheilt und hier zum Theil in Wärme und mittelbar in die mechanische Energie der meteorologischen Vorgänge übergeführt. Ein zweiter Antheil der zugestrahlten Energie nimmt aber unter der Mitwirkung der Pflanzen die Dauerform der chemischen Energie an, und diesem Umstand verdanken wir bekanntlich den grofsen Energievorrath, welcher heutzutage in der Gestalt von Kohle noch auf der Erde vorhanden ist.

Trotz dieser immensen Wichtigkeit der chemischen Form der Energie kennen wir sie doch von allen am wenigsten, und das rührt hauptsächlich wohl daher, dafs wir sie nicht direkt messen können. Um dieselbe quantitativ zu bestimmen, bleibt nichts übrig, als sie in eine andere Form der Energie überzuführen und dann diese zu messen. Am leichtesten läfst sich die chemische Energie in Wärme überführen, und dementsprechend findet auch dieses Verfahren die meiste Anwendung. Die nach demselben erhaltenen Resultate bilden bekanntlich den Gegenstand der Thermochemie.

Als Ursache und Triebkraft der chemischen Vorgänge wurde früher in der Regel die sogenannte „chemische Verwandt-

schaft",[1]) „Affinität" oder „chemische Kraft" der Verbindungen angesehen, und dementsprechend sind jene Begriffe vielfach mit dem Begriff der chemischen Energie verwechselt worden; in neuerer Zeit ist man indessen zu anderer Anschauung gelangt. Chemische Energie und chemische Kraft bezw. Affinität sind hiernach zwei ganz verschiedene Grössenarten, deren strenge Scheidung nicht genug beherzigt werden kann. Die chemische Energie ist eine der möglichen Formen der Energie schlechthin; sie ist also eine Gröfse von gleicher Art, von gleicher Dimension, wie z. B. die mechanische Energie und die Wärme, und daher kann sie auch indirekt in Calorien gemessen werden. Die chemische Affinität ist dagegen eine Gröfse ganz anderer Art, und dementsprechend bedarf es zur Bestimmung derselben auch eines ganz anderen Mafses. Die ersten Versuche, ein solches Mafs aufzufinden, datiren schon recht weit zurück, wenn auch ernstliche Erfolge in dieser Beziehung erst der neuesten Zeit zuzuschreiben sind. Schon in den siebziger Jahren des vorigen Jahrhunderts versuchte es z. B. der bekannte Chemiker Wenzel, die chemischen Kräfte mittelst der Geschwindigkeit zu messen, mit welchen verschiedene Stoffe analoge chemische Vorgänge bewirken. Um die Affinität der Säuren zu den Metallen zu bestimmen, wurde z. B. in der Weise verfahren, dafs man die Oberfläche der Metalle, welche der Einwirkung von Säuren ausgesetzt werden sollten, gleich machte, und sodann die Menge des in gleichen Zeiten gelösten Metalls ermittelte. Wie leicht ersichtlich, müssen bei diesem Verfahren grofse experimentelle Schwierigkeiten eintreten und die Erlangung eines sicheren Resultats aufserordentlich erschweren. Dennoch gelangte Wenzel bereits im wesentlichen zur Erkenntnifs des Fundamentalgesetzes der chemischen Mechanik, nach welchem die Wirkung der wirkenden Masse proportional ist. Eine richtige Würdigung hat dieses Gesetz freilich erst in den letzten Jahrzehnten gefunden, nachdem es durch die Verwendung zur Messung der chemischen Kräfte praktische Bedeutung erhielt.

Bei näherer Betrachtung bietet das Problem, die chemische Affinität zu bestimmen, manche Analogie mit den Aufgaben der Mechanik, betreffend die Messung der Kräfte, und eben defshalb kann man auch wohl von einer chemischen Mechanik sprechen. In der eigentlichen Mechanik wird eine Kraft definirt und gemessen durch die Geschwindigkeit, welche sie der Masseneinheit in der Sekunde

[1]) Die drei Begriffe, „chemische Verwandtschaft", „chemische Affinität" und „chemische Kraft" werden hier stets als völlig identisch betrachtet.

verleiht. Dieser Bestimmungsmethode, welche man die dynamische zu nennen pflegt, entspricht auf dem Gebiete der chemischen Mechanik diejenige, welche seinerzeit von Wenzel vorgeschlagen wurde, denn als Mafs der Affinität galt hier gleichfalls eine Geschwindigkeit, nämlich diejenige, mit welcher die Auflösung des Metalls erfolgte.

Es giebt aber noch eine zweite Art der Kraftmessung, welche man im Gegensatz zur ersten wohl als die statische Methode bezeichnet. Dieselbe läfst sich indessen auch als ein besonderer Fall der ersteren bezeichnen, sie besteht nämlich einfach darin, dafs man der zu messenden Kraft eine entgegengesetzt gerichtete von bekannter bezw. mefsbarer Gröfse gegenüberstellt und den Moment des Gleichgewichts beobachtet.

Die letztgenannte Methode hat nun vor der ersteren manche Vorzüge und empfiehlt sich auch auf dem Gebiete der chemischen Mechanik durch gröfsere Einfachheit und Anwendbarkeit. Hier liegt derselben die Annahme zu Grunde, dafs jedes chemische Gleichgewicht durch zwei chemische Prozesse bestimmt wird, welche in entgegengesetzter Richtung verlaufen und eine gleiche Geschwindigkeit besitzen, so dafs eine stoffliche Veränderung des Ganzen scheinbar nicht erfolgen kann.

Die Analogie mit den Problemen der eigentlichen Mechanik läfst sich somit wohl als eine sehr grofse bezeichnen; indessen darf nicht vergessen werden, dafs die bestehenden Unterschiede doch ganz prinzipieller Natur sind. Eine chemische Geschwindigkeit ist nämlich etwas ganz anderes als eine mechanische Geschwindigkeit. Die letztere wird dargestellt durch den Quotienten aus einer Wegstrecke und einer Zeit, die erstere dagegen durch den Quotienten aus einer Masse und einer Zeit. In ähnlicher Weise läfst sich natürlich auch der Unterschied zwischen einer mechanischen Kraft und einer chemischen Kraft oder einer Affinität formuliren: Eine chemische Kraft bewirkt nur eine chemische Geschwindigkeit, eine mechanische Kraft dagegen nur eine mechanische Geschwindigkeit. Eine mechanische Kraft bewirkt überdies auch bei einmaliger Aeufserung eine dauernde Geschwindigkeit, ein chemischer Vorgang dagegen dauert nur so lange, d. h. eine chemische Geschwindigkeit existirt nur so lange, als die chemische Kraft wirksam bleibt.

Wie bereits erwähnt, beruhen beide Methoden, welche sich zur Messung der chemischen Kräfte darbieten, auf dem allgemeinen Prinzip, dafs ihre Wirkung der Masse proportional ist, und dementsprechend mufs es sich bei der Ausführung von Versuchen im wesentlichen

darum handeln, die Massenverhältnisse der betreffenden Körper zu ermitteln. Indessen mag hier gleich bemerkt werden, dafs der obige Grundsatz eine Ausnahme erleidet, sobald die reagirenden Körper zum Theil den festen Aggregatzustand annehmen. Die Erfahrung hat nämlich gezeigt, dafs die chemische Wirkung eines festen Körpers, unabhängig von der Masse desselben, einen konstanten Werth besitzt, und dieser Umstand mufs natürlicherweise gegebenenfalls bei der Messung chemischer Kräfte berücksichtigt werden. Was nun die Ermittelung der Massenverhältnisse bei den chemischen Vorgängen betrifft, so stehen hierfür im allgemeinen wiederum zwei Wege zur Verfügung, welche sich kurz als die chemische Methode bezw. die physikalische Methode kennzeichnen lassen.

Die erstere Methode empfiehlt sich dann, wenn eine mechanische Trennung, d. h. eine chemische Analyse der verschiedenen Substanzen möglich ist. Die zweite oder physikalische Methode mufs dagegen stets eingeschlagen werden, wenn sich eine Trennung des Körpers nicht durchführen läfst oder eine chemische Analyse keine Auskunft über die gesuchten Gröfsen liefert. Im grofsen und ganzen läfst sich jede physikalische Eigenschaft zur Ermittelung der Massenverhältnisse verwenden, wenn auch in gewissen Fällen ein Versagen eintreten kann, nämlich dann, wenn die betreffende Eigenschaft nur von der Natur der Bestandtheile des Körpers, nicht aber ihrer Anordnung (Konstitution) abhängig ist.

Von allgemeiner Anwendbarkeit sind das thermo-chemische sowie das volum-chemische Verfahren. Das letztere findet wegen seiner grossen Handlichkeit und Schnelligkeit auch vielfach in der Praxis Verwendung, so in der Aräometrie bezw. der Alkoholometrie. In manchen Fällen empfiehlt sich auch eine optische Methode, wie eine solche z. B. der Bestimmung des Rohrzuckergehaltes von Lösungen mit Hülfe von Polarisationsinstrumenten zu Grunde liegt. Handelt es sich um Affinitätsbestimmungen nach der dynamischen Methode, so mufs natürlich auch noch die Zeit beobachtet werden, während bei der statischen oder Gleichgewichtsmethode dieser Faktor natürlich nicht in Betracht kommen kann.

Einige Beispiele mögen diese Verhältnisse noch näher erläutern. Zu den einfachsten chemischen Prozessen gehört die Umwandlung von Rohrzucker in Invertzucker, denn an dem ganzen Vorgang betheiligt sich direkt nur ein einziger Körper. Die chemische Geschwindigkeit ist nun proportional der wirkenden Masse, und da die letztere im Verlaufe des Prozesses sich stetig verringert, so kann natürlich die

erstere nicht konstant bleiben, sondern mufs gleichfalls entsprechend abnehmen. Es läfst sich aber zeigen — und die Erfahrung hat dies bestätigt — dafs der sogenannte Geschwindigkeitscoefficient (Reaktionskonstante), welcher angiebt, der wievielte Theil der vorhandenen Masse sich in der Zeiteinheit umsetzt, während des ganzen Vorgangs konstant bleibt; und dieser giebt das Mafs ab für die hier zur Aeufserung gelangende chemische Kraft. Nun findet aber bekanntlich die Umwandlung von Rohrzucker in Invertzucker von selbst nicht statt, sondern es ist hierzu die Gegenwart von Säuren erforderlich. Die Reaktionskonstante mifst hier also die chemische Affinität der Säuren, und die letztere läfst sich somit leicht bestimmen, indem man die Invertirung gleicher Mengen von Rohrzucker nach einander durch Zusatz von aequivalenten Mengen der verschiedenen Säuren bewirkt und gleichzeitig die in der Zeiteinheit umgesetzten Quantitäten ermittelt, was leicht mit Hilfe eines Polarisationsapparates erfolgen kann.

Aehnlich wie die Umwandlung von Rohrzucker in Invertzucker haben auch noch einige andere einfache Prozesse zur relativen Vergleichung von chemischen Kräften Verwendung gefunden, so z. B. die Umwandlung von Acetamid unter Wasseraufnahme in essigsaures Ammon, desgleichen die Spaltung von Aethylacetat bezw. Methylacetat in Alkohol und Säure, ferner die Auflösung resp. Zersetzung gewisser Verbindungen durch Säuren. Zur Bestimmung der Massenverhältnisse wurde hierbei in der Regel die Gleichgewichtsmethode benutzt; in einzelnen seltenen Fällen, so bei der Verseifung des Essigäthers mit Basen hat aber auch das dynamische Verfahren Verwendung gefunden.

Was nun die allgemeinen Resultate betrifft, welche die bisherigen Untersuchungen dieser Art gezeitigt haben, so nehmen dieselben ihren Ausgangspunkt von einem genauen Studium der Salzbildung her, jenes wichtigen chemischen Prozesses, der schon einmal für die Chemie von entscheidender Bedeutung geworden ist, indem vor etwa 100 Jahren Richter an ihm die ersten stöchiometrischen Gesetze entdeckte.

Wirkt eine Säure auf ein Salz, so verdrängt sie theilweise die in demselben enthaltene andere Säure und bemächtigt sich der Basis, und zwar nach Mafsgabe der vorhandenen Menge, sowie der ihr innewohnenden Affinität. Nimmt man also die Mengen aequivalent, so kann man durch Bestimmung der Verdrängungsverhältnisse zu einem Mafs für die Affinität gelangen. Dieser Weg ist nun bereits vor einer Reihe von Jahren von Julius Thomsen eingeschlagen worden; dieser gelangte dabei zuerst zu der wichtigen Erkenntnifs, dafs das so

gewonnene Gröfsenmafs nicht mit demjenigen übereinstimmt, welches aus der Wärmetönung bei der Neutralisation abgeleitet werden kann, und da er das letztere für das der chemischen Affinität zukommende erachtete, so bezeichnete er die durch das erstere gemessene Eigenschaft bezw. Gröfse als Avidität. Jetzt wissen wir freilich, dafs hier ein Irrthum vorliegt. Durch die Wärmetönung bei der Neutralisation wird die sogenannte chemische Energie gemessen, während die Avidität nur einen anderen Mafsstab für die chemische Affinität darstellt und zu dem bisher besprochenen Mafsstab, der chemischen Geschwindigkeit, in einfachem Verhältnifs steht. Es ist nämlich das Verhältnifs der Geschwindigkeitscoefficienten gleich dem Quadrat der relativen Verdrängung oder Thomsenschen Avidität. Zieht man diesen Umstand in Betracht, so wird man finden, dafs die nach den verschiedenen Methoden erhaltenen Werthe für die chemische Affinität im allgemeinen genügend übereinstimmen und die ihnen zu Grunde liegenden Anschauungen bestätigen, welche sich in Kürze etwa folgendermafsen zusammenfassen lassen:

Den verschiedensten chemischen Vorgängen liegt eine und dieselbe Ursache zu Grunde, und die Wirkungen dieser Ursache bezw. Kraft lassen sich ihrer Gröfse nach ausdrücken durch Zahlen, welche nur von den wirkenden Stoffen abhängen, von der näheren Natur des Vorganges dagegen nicht beeinflufst werden, d. h. mit anderen Worten aber nichts anderes als: das Problem, betreffend die Mischung der chemischen Kräfte, ist lösbar bezw. dem Prinzipe nach gelöst.

Welcher Art aber das Wesen und die Ursache der chemischen Kraft ist, bezw. welche Verhältnisse die Verschiedenheit bei den verschiedenen Stoffen bedingen, bleibt damit selbstverständlich noch unbekannt. In den letzten Jahren ist uns aber auch hierüber Auskunft geworden, und zwar auf einem Wege, der der neueren Entwickelung der Chemie ziemlich fern lag, nämlich durch eine Vergleichung der chemischen Erscheinungen mit gewissen Vorgängen bei der Elektrolyse. Allgemeine Hinweise und Andeutungen dieser Art, aber nur rein qualitativer Natur, finden sich zwar schon in den fünfziger und sechziger Jahren bei Hittorf und einigen anderen Forschern; eine bestimmte und zahlenmäfsige Darstellung der obwaltenden Beziehungen verdanken wir zuerst Arrhenius. Im Jahre 1884 fand nämlich der genannte jugendliche Forscher, dafs die Zahlen für die chemische Affinität eine grofse Uebereinstimmung zeigen mit denjenigen Werthen, welche das elektrolytische Leitungsvermögen repräsentiren, und dies

führte ihn schliefslich zu seiner Dissociationshypothese, deren Grundzüge und Bedeutung bereits in diesen Blättern besprochen worden sind. Nach derselben sind alle Elektrolyten — und das sind die Säuren, Basen und Salze — in ihren wässrigen Lösungen mehr oder weniger in die Ionen zerfallen. Nur die zersetzten, dissociirten Moleküle betheiligen sich an der Leitung der Elektrizität, und der Grad dieser Zersetzung bedingt demgemäfs die Gröfse des Leitungsvermögens. Da nun die Zahlen für das letztere mit denjenigen für die chemische Reaktionsfähigkeit übereinstimmen, so bietet sich auch für diese die gleiche Annahme dar, d. h. die Gröfse, welche die chemische Kraft einer Verbindung, z. B. einer Säure, repräsentirt, ist nichts anderes als die Zahl, welche das Verhältnifs der zersetzten zu den unzersetzten Molekülen angiebt und die Affinitätskonstanten lassen sich daher in der einfachsten Weise ermitteln, indem man das elektrolytische Leitungsvermögen bestimmt. Eine nothwendige Folgerung dieser Anschauungsweise bildet die weitere, scheinbar paradoxe Annahme, dafs bei völliger Dissociation z. B. alle Säuren gleich stark sein müssen, eine Annahme, welche indessen, soweit das Experiment reicht, ihre Bestätigung findet. Die Dissociation nimmt bekanntlich mit steigender Verdünnung der Lösung zu. Handelt es sich also um Verbindungen, welche bei mäfsigen Verdünnungen schon ziemlich vollständig zersetzt sind, so können dieselben natürlich bei weiterer Verdünnung nicht mehr an Stärke gewinnen. Liegen dagegen wenig dissociirte Säuren vor, so müssen dieselben bei steigender Verdünnung schnell an Affinität gewinnen. Ferner mufs es ein absolutes Maximum der Affinität, bezw. Reaktionsfähigkeit geben, welches der vollständigen Dissociation entspricht und von keiner Säure überschritten werden darf. In Uebereinstimmung hiermit zeigt z. B. die Salzsäure schon bei ziemlich mäfsigen Verdünnungen ein Maximum der Reaktionsfähigkeit und es ist keine andere Säure bekannt, welche die erstere an Stärke merklich übertrifft.

Die Stärke oder chemische Affinität einer Säure bezw. Verbindung ist also im allgemeinen abhängig von der Verdünnung, und diejenige Gröfse, welche diese Abhängigkeit zum Ausdruck bringt — die nähere theoretische Ableitung derselben mufs hier natürlich unterbleiben — ist nichts anderes, als die Reaktions- oder Affinitätskonstante. Dieselbe ist in letzter Instanz das eigentliche Mafs für die chemische Verwandtschaft, sie ist einzig und allein von der Natur der Verbindung abhängig, während die Reaktionsfähigkeit, d. h. die jedesmal zur Aeufserung gelangende chemische Kraft auch von der Vertheilung des Stoffes auf den Raum, d. h. von der Verdünnung regulirt wird.

Um zu einer anschaulichen Deutung von dem Wesen der Affinitätskonstante zu gelangen, denken wir uns einen Körper, z. B. eine Säure, zur Hälfte dissociirt; alsdann beträgt die Stärke der chemischen Kraft auch die Hälfte von dem möglichen Maximum, welches natürlich dann vorhanden sein würde, wenn alle Moleküle dissociirt wären.

Die chemische Affinität ist also in diesem Falle schlechthin gleich $^1/_2$. Bezeichnen wir nun das zugehörige Volumen mit v und die Affinitätskonstante wie gebräuchlich mit k, so ist $^1/_2 = k.v$ oder $2k = \frac{1}{v}$ oder in Worten ausgedrückt: Der doppelte Werth der Affinitätskonstante repräsentirt nichts anderes, als den reciproken Werth des Volums, d. i. die Concentration, bei welcher der Electrolyt bezw. die Verbindung gerade zur Hälfte dissociirt ist.

In der kurzen Zeit, welche verflossen ist, seitdem diese Beziehungen festgestellt wurden, ist es natürlich noch nicht möglich gewesen, alle sich hierbei aufdrängenden Fragen vollständig zu erforschen, indessen ist doch, namentlich Dank den Bemühungen von W. Ostwald, manches bereits geschehen. So hat z. B. die vergleichende Untersuchung der Affinitätskonstanten zu der Erkenntnifs geführt, dafs diese Gröfse in höchstem Mafse durch die Konstitution beeinflufst wird, und die Ermittelung derselben verspricht daher bei allen Konstitutionsfragen von der gröfsten Bedeutung zu werden. Ja man ist sogar zu der Hoffnung berechtigt, auf diesem Wege dereinst zu einer Schätzung derjenigen räumlichen Entfernungen zu gelangen, welche die verschiedenen Atome innerhalb eines Moleküls trennen.

Aber auch nach anderer Richtung ist noch ein Vorstofs der Forschung zu verzeichnen, welcher namentlich das Verhältnifs der chemischen Affinität zur chemischen Energie berührt. Die letztere wird, wie Eingangs erwähnt, indirekt gemessen durch die bei einem Vorgang auftretende Reactionswärme. Fassen wir also eine Zersetzung ins Auge, wie sie bei einer elektrolytischen Dissociation stattfindet, so mifst die auftretende Dissociationswärme die in Betracht kommende chemische Energie. Es scheint nun, dafs diese Wärme sich im allgemeinen als proportional erweisen wird dem natürlichen Logarithmus der Affinitätskonstante. Ueber die nähere Natur der chemischen Energie selbst ist damit freilich noch kein Aufschlufs gegeben, die Erforschung derselben gehört vielmehr noch zu denjenigen Problemen, welche der Lösung harren.



Das Ende des Zeitalters der Alchemie und der Beginn der iatrochemischen Periode.

Von Dr. **W. Luzi** in Leipzig.

(Fortsetzung.)

Nach den im Vorigen geschilderten vier abendländischen Alchemisten Albertus Magnus, Roger Baco, Arnoldus Villanovanus und Raymundus Lullus erscheint längere Zeit keiner mehr, welcher auch nur annähernd eine solche Bedeutung, einen solchen Ruhm erlangt und so nachhaltig auf die Zeitgenossen und Nachfolger eingewirkt hätte, wie eben diese Männer. Erst in der zweiten Hälfte des 15. Jahrhunderts taucht wieder ein Mann auf, welcher alle Alchemisten, die vor ihm gewirkt haben, die vier eben genannten nicht ausgeschlossen, an Kenntnissen, Leistungen und Bedeutung weit überragt und dem auch wir jetzt noch unsere höchste Bewunderung zollen müssen. Es ist Basilius Valentinus. Ehe wir jedoch auf diesen Chemiker und das unaufgeklärte Dunkel, welches über seine Persönlichkeit und alle seine Lebensverhältnisse ausgebreitet ist, näher eingehen, wollen wir einige wichtige alchemistische Vorstellungen und sodann die chemischen Errungenschaften von bleibendem Werthe, welche man nach und nach gemacht hatte, und deren Kenntnifs für das Verständnifs der Zeit, in welche wir nun eintreten, nothwendig ist, erörtern.

Das Ziel aller alchemistischen Bestrebungen war seit Gebers Zeiten die Darstellung des sog. Steins der Weisen. Er spielte in den alchemistischen Vorstellungen die gröfste Rolle, denn nur mit seiner Hülfe war das Problem der Goldbereitung zu lösen. Aufserdem hatten sich noch andere Ansichten über wunderbare Eigenschaften des Steins der Weisen herausgebildet und feste Form angenommen. Es ist daher interessant und nothwendig, dem auf diese geheimnifsvolle Substanz bezüglichen alchemistischen Wahnglauben etwas näher zu treten.

Die Ansicht, dafs es eine Substanz gebe, mit deren Hülfe sich aus unedlen Metallen Gold erzeugen lasse, wurde, wie wir gesehen haben, zuerst von Geber klar ausgesprochen. Seine Medizin der

III. Ordnung, der Stein der Weisen, war diese räthselhafte Substanz. Dieser Stein der Weisen nun, der lapis philosophorum, hatte nach Ansicht der Nachfolger Gebers im grofsen und ganzen ungefähr folgende Eigenschaften. Eine kleine Probe davon, auf ein schmelzendes, unedles Metall geworfen, sollte das betreffende Metall sofort in Gold verwandeln. Seine Wirkung sollte demnach gewissermafsen eine katalytische sein. Aufserdem war er ein Universalheilmittel, welches seinen Besitzer vor allen Schäden des Leibes bewahrte und ein langes irdisches Leben möglich machte. Indessen wichen die Ansichten der Alchemisten über diese und andere Eigenschaften des Steins der Weisen gewöhnlich bis zu einem gewissen Grade von einander ab. Die Darstellung dieses Wundermittels sollte äufserst schwierig sein und später hielten viele die Herstellung des Steins nur unter besonderer göttlicher Beihülfe für ausführbar. Dies hatte dann eine eigenthümliche Vermengung der alchemistischen Bestrebungen mit religiösen Uebungen und Ansichten im Gefolge. Diejenigen, welchen es gelungen sein sollte, den lapis philosophorum wirklich darzustellen, nannte man Adepten. Weil die Herstellung des Steins der Weisen mit aufsergewöhnlichen Schwierigkeiten verknüpft war, nannte man ihn auch das grofse Magisterium oder Meisterstück. Nach fast allgemeiner Ansicht sollte er ein rothes Pulver darstellen, daher hiefs er auch der rothe Löwe oder die rothe Tinktur. Verschiedene Alchemisten nahmen an, dafs der Stein der Weisen in zwei Arten oder Sorten hergestellt werden könnte; in der vollkommensten Modifikation, welche das Universal genannt wurde, vermochte er jede beliebige Menge irgend eines Metalles in Gold zu verwandeln; in der unvollkommenen Modifikation hatte er diese unbegrenzte Wirksamkeit nicht, deshalb wurde er dann Particular oder die kleine Elixir genannt. In Bezug auf die Wirksamkeit des Particulars glaubten einige, dasselbe vermöge überhaupt kein Gold, sondern nur Silber zu erzeugen.

Die Darstellung des lapis philosophorum war verwickelt und schwierig; vor allem handelte es sich darum, das richtige Rohmaterial, die Materia prima, zu finden. Was nun aber die Materia prima sei, darüber gingen die Ansichten weit auseinander. Man versuchte es mit allen möglichen Stoffen als Ausgangsmaterial zur Darstellung des Steins, mit Stoffen aus dem Mineralreich ebenso wie mit pflanzlichen und thierischen Produkten. Eine klare Mittheilung eines Adepten darüber, was die Materia prima sei, gab es nicht, und zwar weil nach Ansicht der Alchemisten eine solche offene Angabe sündhaft gewesen wäre. Man war eben der Ansicht, nur derjenige, welcher von Gott

besonders dazu prädisponirt sei, würde im stande sein, die richtige Materia prima zu finden. Glaubte einer, sie gefunden zu haben, so ging er an ihre Verarbeitung. Ueber die Einzelheiten dieses Prozesses, dessen Beschreibung gewöhnlich in einer dunkeln, bilderreichen Sprache gehalten wurde, waren sich die Alchemisten nicht ganz einig. Im allgemeinen war die Vorschrift die folgende: Aus der Materia prima ist zunächst der sog. grüne Leu oder Drache, der Mercur der Weisen, darzustellen. Dieser Stoff wird mit philosophischem Golde oder der Lilie (einer räthselhaften Substanz) zusammengebracht und digerirt. Das Gemisch wird dabei zunächst schwarz, indem es sich in das sog. Rabenhaupt, und schliefslich weifs, indem es sich in den weifsen Schwan verwandelt. Diese weifse Substanz geht durch anhaltendes stärkeres Erhitzen in den rothen Stein der Weisen über.

Später hielt man es oft für nothwendig, sich bei der Darstellung des grofsen Magisteriums noch durch Gebete etc. besonderer göttlicher Beihülfe zu versichern. War es damit nichts, so wurden im Nothfall auch die höllischen Mächte zur Unterstützung bei dem grofsen Werke heraufbeschworen. Auf diese Weise kam es zu einer Vermengung der Alchemie mit religiösen Uebungen, der Magie und der Astrologie.

Zur Astrologie hatte die alte Chemie auch schon dadurch Beziehungen, dafs man, wahrscheinlich seit Gebers Zeiten, zur Bezeichnung der bekannten Metalle die Namen und die Zeichen der Planeten, der Sonne und des Mondes benutzte. So wurde das Gold als ☉ Sol, das Silber als ☽ Luna, das Quecksilber als ☿ Mercurius, das Kupfer als ♀ Venus, das Eisen als ♂ Mars, das Zinn als ♃ Jupiter und endlich das Blei als ♄ Saturnus bezeichnet. Auch nahm man Beziehungen zwischen der Sonne, dem Mond und den Planeten einerseits und den Metallen andererseits an.

Nachdem wir die Hauptpunkte des alchemistischen Irrglaubens kennen gelernt haben, wollen wir uns zu einer kurzen Betrachtung derjenigen reellen chemischen Kenntnisse und Fertigkeiten wenden, welche bis zum Auftreten des Basilius Valentinus, also bis zur Mitte des 15. Jahrhunderts, erworben worden waren. Infolge und neben der Beschäftigung mit der Alchemie hatte man eine ganze Anzahl von Substanzen entdeckt und dargestellt, sowie chemische Operationen ausgebildet. Diese Errungenschaften, in Verbindung mit der sich den Chemikern früh aufdrängenden Ansicht, dafs man Resultate nur mit Hülfe des Experimentes gewinnen könne, bildeten einen Theil der Grundlage, auf welcher später die Chemie als Wissenschaft aufgebaut werden sollte.

Was zunächst die Metalle anbetrifft, so kannte man bis zur Mitte des 15. Jahrhunderts die folgenden: Gold, Silber, Kupfer, Eisen, Zinn, Blei und Quecksilber. An Salzen waren z. B. bekannt geworden die Vitriole, Pottasche, Soda, Salpeter, Salmiak, kohlensaures Ammon, Alaun, Goldchlorid, salpetersaures Silber und andere. Nach Geber war für die Salze die Löslichkeit in Wasser charakteristisch. Später zählte man auch Körper, welche keine Salze im heutigen Sinne waren, zu dieser Klasse von Substanzen. Von anorganischen Säuren kannte man das Scheidewasser oder die Salpetersäure, die Schwefelsäure und das Königswasser. Die Darstellung dieser drei Substanzen ist zuerst von Geber beschrieben. Ferner kannte man eine ganze Anzahl von Metalloxyden, z. B. Quecksilberoxyd, Antimonoxyd, Kupferoxyd, Eisenoxyd, Zinkoxyd. Der Schwefel war eine schon aus alten Zeiten bekannte Substanz, er sollte ein Bestandtheil aller Metalle und auch anderer Körper sein; man kannte ihn auch schon als Schwefelmilch und wufste, dafs er von Königswasser gelöst wird. Schwefelverbindungen kannte man ebenfalls eine ganze Anzahl, hauptsächlich in der Natur vorkommende Schwefelerze, z. B. Bleiglanz, Zinkblende, Kupferkies, Schwefelkies etc. Auch die Darstellung von Zinnober aus Schwefel und Quecksilber war schon entdeckt, die hierauf bezüglichen Beobachtungen wurden zuerst von Geber gemacht.

Von organischen Verbindungen kannte man nur eine geringe Zahl. Einer der am längsten bekannten organischen Körper ist der Alkohol, der Weingeist. Die Kunst, alkoholhaltige Getränke herzustellen, ist ja eine sehr alte, die alten Israeliten, die Aegypter, die Griechen etc. verstanden es, gegohrene Getränke zu bereiten. Später, nachdem man Destillationsapparate anzuwenden gelernt hatte, gelang es, einen wässrigen Weingeist zu gewinnen und Raymundus Lullus giebt zuerst an, den Weingeist durch wiederholte Destillation über Pottasche zu verstärken. Auch der Essig ist eine lang bekannte Substanz, er war die einzige Säure, welche auch die Alten schon besafsen. Man wufste von ihm, dafs er gewisse Körper, Gesteine, anzugreifen vermöge, infolgedessen machte man sich von seiner lösenden Kraft höchst übertriebene Vorstellungen, so sollte z. B. Hannibal bei seinem Uebergange über die Alpen, Felsen durch Essig hinweggelöst haben! Was man im Alterthum besafs, war roher Weinessig, erst Geber und die nachfolgenden Alchemisten lehrten die Concentration der verdünnten Essigsäure durch Destillation.

Nicht ohne Einflufs auf praktische chemische Vornahmen war der Betrieb des Bergbaus, der Färberei, der Keramik etc. Metallurgie

wurde schon im höchsten Alterthum betrieben, ebenso die Färbekunst und die Töpferei. Die Kunst der Glasbereitung wurde von den Aegyptern erfunden (nicht, wie oft angenommen, von den Phöniciern). Die metallurgisch-chemischen Kenntnisse breiteten sich im Zeitalter der Alchemie mit dem Bergbau immer mehr aus. Im 11. Jahrhundert hatte man schon eine ganze Anzahl deutscher Bergwerke im Betrieb, z. B. in Nassau, in Schlesien und am Harz. Auch die Färberei machte im alchemistischen Zeitalter durch allgemeiner werdende Benutzung der Kermesfarbe und durch das Bekanntwerden des Orseillefarbstoffs erhebliche Fortschritte; ebenso die Keramik durch Anwendung von Blei- und Zinnglasuren. Aus dem 12. Jahrhundert haben wir auch die ältesten Glasgemälde, welche man durch Einbrennen von Farben in das Glas erhielt.

Schliefslich sei noch kurz auf den Zustand der pharmazeutischen Chemie im Zeitalter der Alchemie hingewiesen. Das, was man im Alterthum an Arzneien kannte, hatten die Araber übernommen, sie bereicherten auch den Arzneischatz einigermafsen durch neue Präparate und führten den Destillationsprozefs in die Pharmazie ein. Wie das Abendland seine ersten medizinischen und chemischen Kenntnisse aus arabischen Quellen geschöpft hat, so hat es auch die Pharmazie und die Einrichtung der Apotheken von diesem Volke überkommen. Während des ganzen alchemistischen Zeitalters hat die pharmazeutische Chemie nur geringe Fortschritte aufzuweisen; ein Fortschritt war z. B. die Einführung des Weingeistes und einer Anzahl destillirter Wässer.

Am Schlusse des Zeitalters der Alchemie trat noch ein Mann auf, welcher, obgleich seiner Ueberzeugung nach durch und durch Alchemist, als der Vorläufer der kommenden iatrochemischen Periode zu betrachten ist. Es war dies der schon erwähnte Basilius Valentinus. Ueber seine Persönlichkeit und sein Leben wissen wir leider fast nichts, aus den unter seinem Namen gehenden Schriften ist zu ersehen, dafs er der zweiten Hälfte des 15. Jahrhunderts angehörte und Benediktinermönch gewesen ist. Er genofs infolge seiner Werke bei allen Alchemisten und auch bei Laien das denkbar gröfste Ansehen, man stellte ihn über Geber und Lullus, und dies will viel sagen, glaubte man doch schon von letzterem, dafs es ihm thatsächlich gelungen sei, den Stein der Weisen darzustellen. Es hat sich später die Ansicht allgemein verbreitet, dafs Basilius Valentinus im Peterskloster zu Erfurt gelebt habe; alle daraufhin erfolgten Nachforschungen haben jedoch ein negatives Resultat ergeben. Die Schriften,

die man als von ihm herrührend bezeichnet, sind bald in einer nüchternen Sprache geschrieben und die Beschreibung der Versuche, Apparate und Substanzen ist klar und verständlich, bald sind sie von wirren Phantastereien erfüllt. Dieses wunderbare Doppelwesen eines nüchternen Beobachters und Experimentators und eines mafslosen Schwärmers, verbunden damit, dafs wir über die Person des Basilius Valentinus absolut nichts Genaueres und Sicheres wissen, ferner der Umstand, dafs die unter seinem Namen gehenden Schriften sicherlich nicht alle von ein und derselben Persönlichkeit herrühren, deutet darauf hin, dafs wir es mit verschiedenen Autoren zu thun haben. Veröffentlicht wurden die Werke des Valentinus erst im ersten Viertel des 17. Jahrhunderts durch den Rathsherrn Johann Thölde in Frankenhausen. Die wichtigsten und wahrscheinlich auch echten der unter dem Namen des Basilius Valentinus gehenden Schriften sind die folgenden: Von dem grofsen Stein der Uralten. Von den natürlichen und übernatürlichen Dingen. Triumphwagen des Antimonii. Offenbarung der verborgenen Handgriffe. Letztes Testament. Schlufsreden.

In dem Triumphwagen des Antimonii liegt uns eine ganz bedeutende Arbeit über das Antimon und Antimonpräparate vor. Der Autor hat eine Anzahl von Antimonverbindungen zum ersten Male dargestellt und die Darstellungsmethoden und Eigenschaften dieser neuen Stoffe genau und klar beschrieben, auch rühmt er ihre Heilkraft. Allerdings enthält diese Schrift auch sehr viele religiöse Betrachtungen und fromme Ergüsse des Verfassers, welche uns einen Einblick in das seiner Zeit entsprechende, kindlich fromme Seelenleben des grofsen Naturforschers gestatten.

Ferner lehrte Valentinus die Salzsäure, den „Salzgeist“, wie er sie nannte, herstellen, und zwar durch Erhitzen von Kochsalz und Eisenvitriol; überhaupt kannte er eine grofse Anzahl chemischer Prozesse und Präparate, deren Verhalten er möglichst genau studirte. Vor allem besafs er eine tüchtige Kenntnifs der Metalle. Als Bestandtheile der letzteren nahm er einen sog. Metallsamen, Schwefel, Quecksilber und Salz an; unter diesem Salz verstand er jedoch nicht das gewöhnliche Kochsalz oder irgend eine andere bekannte chemische Substanz, sondern es war nach ihm der hypothetische Träger der Feuerbeständigkeit und des Starren. (Diese Ansicht, dafs die Metalle eine Mischung von eigenthümlichen Stoffen seien, welche Träger bestimmter Eigenschaften wären, war, wie früher angeführt, schon von Geber ausgesprochen. Man meinte also in jenen Zeiten, wenn von dem Quecksilber, dem Schwefel oder dergl. der Metalle geredet wurde,

im allgemeinen nicht die bekannten Stoffe Schwefel, Quecksilber etc., sondern hypothetische Träger gewisser Eigenschaften. So war die an den Metallen erkannte Eigenschaft des Glanzes und der Schmelzbarkeit eine Folge von vorhandenem hypothetischem Quecksilber, die Eigenschaft der Verbrennbarkeit wurde bedingt durch die Anwesenheit des besonderen Trägers derselben, nämlich durch den hypothetischen Schwefel und so fort.) Ueberhaupt sollten sich nach Ansicht des Basilius Valentinus Mercur, Sulfur und Sal in allen Körpern als Urstoffe finden, der Metallsamen jedoch war nur den Metallen eigen.

Dadurch, dafs Valentinus kräftigst für die Anwendung des Antimons und der Antimonverbindungen in der Heilkunde eintrat, wurde er zum Vorläufer des nun kommenden Zeitalters der medizinischen Chemie. Es lag an der Zeit, in welcher er lebte, an der Art seiner eigenen Arbeiten, an seinen theoretischen Ansichten und wohl auch an seiner Stellung als Ordensmann, dafs es ihm nicht vergönnt war, die Fesseln der Alchemie ganz abzuschütteln und ein anderes Hauptziel für chemische Arbeiten aufzustellen. Dies blieb Paracelsus, welcher nur wenig später als Basilius Valentinus lebte, vorbehalten.

Wie schon gesagt, enthalten die Schriften des Basilius Valentinus neben dem Vernünftigen und Praktischen auch vieles Phantastische und Mystische über den Stein der Weisen und dessen metallverwandelnde Kraft. Sollten die Schriften, deren Titel vorhin angeführt wurden, doch von einem Manne herrühren, so hätten wir in ihm eine Verkörperung der damaligen Zeit, wie sie charakteristischer nicht gedacht werden kann: einerseits überspannter Alchemist, Schwärmer und Anhänger der Ansichten seiner Vorgänger über Metallverwandlungen und die wunderbaren Wirkungen des Steins der Weisen — andererseits praktischer Forscher, nüchterner Beobachter und muthiger Verkünder neuer naturwissenschaftlicher Wahrheiten. So wie in diesem Basilius Valentinus ein Zwiespalt geherrscht haben mufs, wie er in sich die verschiedenen Naturen eines Autoritätsgläubigen und eines selbstdenkenden, neue Wege einschlagenden Forschers vereinigte, so herrschte auch in der ganzen damaligen Zeit eine gewaltige, sich auf allen Gebieten äufsernde Spannung.

Wir stehen vor dem 16. Jahrhundert, einem Jahrhundert gewaltigster Geisteskämpfe. Sie tobten nicht nur auf dem Gebiete der Theologie, sondern auch in der Philosophie, in der Medizin und nicht am wenigsten in der Chemie. Nachdem die alchemistischen Bestrebungen ein Jahrtausend unumschränkt in der Chemie geherrscht, trat ein Mann auf,

welcher dem alten Strome ein neues Bett anwies, welcher die Forscher aus den uralten Gleisen herausrifs und ihnen neue Ziele, Ziele ganz anderer Natur, als es die der Alchemisten waren, wies. Kurz, wir treten in ein neues Zeitalter, das der Iatrochemie, ein. In dieser Periode galt als der wahre Zweck der chemischen Beschäftigungen die Darstellung von Heilmitteln.

Die Iatrochemie.

Das 16. Jahrhundert ist ein Markstein, ein Wendepunkt in der gesamten Kulturgeschichte. In diese Zeit fällt die Zertrümmerung der alten Feudalherrschaft, die Segnungen des Handels kamen infolge der Auffindung des neuen Weges nach Indien mächtig zur Geltung und die Reformation beseitigte zum Theil die verrotteten Zustände der katholischen Kirche. Dazu kamen die Gründungen zahlreicher Universitäten und die humanistischen Bestrebungen. Die tiefsten, segensreichsten Umgestaltungen erfuhren jedoch die Naturwissenschaften. Es ist wohl kaum möglich, sich die gewaltige Erregung vorzustellen, welche sich damals der Geister bemächtigen mufste. Die kurz vorher erfolgte Entdeckung Amerikas und die Auffindung eines Seewegs nach Indien, welche Thatsachen die bisherigen geographischen Anschauungen über den Haufen warfen, die Leistungen des Kopernikus, welche nun vollends die alten Ansichten auf den Kopf stellten, welche unsere Erde, die bis dahin als das Centrum des gesamten Weltsystems, als der Zweck und das Hauptwerk der Schöpfung galt, wegen welcher die Sonne, die Planeten und die übrigen Gestirne nur geschaffen waren, um sie zu umkreisen und ihr Licht zu spenden, zu einem der Planeten herabdrückten; alle diese gewaltigen Umwälzungen in den so festgewurzelten, durch ihr Alter und durch die Lehren der Kirche geheiligten Anschauungen stürmten fast auf einmal auf die Gebildeten ein.

Dies war die Zeit, in welcher auch die alte Medizin den Todesstofs erhielt, in welcher von zwei Männern, von Paracelsus und von Andreas Vesalius ein neues Lehrgebäude der Heilkunde errichtet wurde. Andreas Vesalius, wohl der gröfste Anatom, der je gelebt, (geb. 1514 zu Brüssel, gest. 1565) erneuerte die Anatomie, ja man kann sagen, eine vollständige Anatomie des Menschen wurde erst von ihm geschaffen. Paracelsus war zugleich noch im stande, auch die Chemie und die Pharmazie durch und durch zu reformiren und umzubilden. Es fügt sich der grofse Paracelsus, mit seinem vielseitigen, ruhelosen, stets kampfbereiten Geiste, der kühn und ganz rücksichtslos das Alte zertrümmerte, um seine Ideen zur Geltung zu bringen, ganz und gar in den Rahmen seiner gewaltigen Zeit.

Um die Bedeutung dieses Mannes zu verstehen, ist es nöthig, einen Blick auf die Zustände zu werfen, welche in der damaligen Medizin herrschten.

Die Aerzte beugten sich vollkommen der Autorität Galens und der des Avicenna, eines arabischen Arztes, welcher einige chemische Erfahrungen in die Heilkunde eingeführt hatte. Was sich mit den von diesen beiden Männern aufgestellten Lehren nicht vereinigen liefs, wurde nicht beachtet. Ganz traurig stand es zum Beispiel mit der Anatomie. Fünfzehn Jahrhunderte hindurch wurde diese Wissenschaft fast nur nach dem gelehrt, was Galen darüber hinterlassen. Da dieser aber nur Thiere secirt hatte und die Ergebnisse dieser Untersuchungen ohne weiteres auf den Menschen übertrug, so waren natürlich zahllose Irrthümer entstanden. Die Osteologie war dadurch verwirrt, dafs Galen bei seiner Beschreibung des menschlichen Skeletts das des Affen zu Grunde gelegt hatte. Menschliche Leichname zu zergliedern, wurde dann in spätern Zeiten von der Kirche nicht gestattet; zwar hatte Kaiser Friedrich II. schon im 13. Jahrhundert die Erlaubnifs gegeben, von Zeit zu Zeit menschliche Leichname behufs anatomischer Studien zu seciren, allein die Anschauungen der Kirche über diesen Gegenstand waren doch zu mächtig, als dafs die Aerzte von diesem Rechte Gebrauch gemacht hätten. Ein grofses Verdienst erwarb sich daher der italienische Anatom Mondino de Luzzi zu Bologna, als er am Ende des 13. Jahrhunderts zum ersten Male öffentlich die Leichen zweier Weiber zergliederte. Von den Erfahrungen, welche bei diesen Sectionen gemacht wurden, zehrte dann die Anatomie noch lange. Freilich war immer bei einigen Aerzten ein starker Trieb vorhanden, sich trotz aller kirchlichen Verbote und Vorurtheile durch eigene anatomische Untersuchungen Kenntnisse zu verschaffen. Wo dies nicht öffentlich anging, machte man es im geheimen und scheute sich nicht, zu diesem Zwecke die Leichen gerichteter Verbrecher vom Galgen zu stehlen oder auch Leichname aus den Gräbern zu holen. Die Geschichte der Medizin kennt Gerichtsverhandlungen, welche gegen Aerzte wegen solcher Leichenräuberei geführt wurden. Schliefslich wurde zwar die Zergliederung von Menschen allgemeiner erlaubt, aber die infolgedessen ausgeführten Untersuchungen hatten auch nur geringen Werth, da man sich darauf beschränkte, die äufseren Körpertheile zu betrachten und höchstens die grofsen Höhlen des menschlichen Körpers zu öffnen, um die etwaige Richtigkeit der Angaben Galens zu constatiren.

Auf diesem Gebiete nun war es Vesalius, welcher, wenig

später als Paracelsus auftretend, reformatorisch wirkte. Er unternahm es, den Körper des Menschen systematisch, vollständig und zielbewufst anatomischen Untersuchungen zu unterwerfen und so die Anatomie von dem Joche Galens zu befreien. In seinem unsterblichen Werke „Vom Bau des menschlichen Körpers“, in welchem er die Resultate seiner Forschungen niederlegte, wies er die Irrthümer des alten römischen Arztes überzeugend nach. In der Vorrede dieses Buches beklagt er sich bitter über den Zustand der Heilkunde seiner Zeit. Man überlasse den Köchen die Diätetik, den Apothekern die Arzneimittellehre und den Barbieren die Chirurgie. Am traurigsten sei es mit der letzteren bestellt, weil sich die Aerzte scheuten, ein Messer in die Hand zu nehmen, aus Furcht, mit den Barbieren auf gleiche Stufe gestellt zu werden.

So schlimm es um die Anatomie stand, noch schlimmer stand es um die innere Medizin. Auch hier galten nur die Ansichten Galens und der Araber. Fast die ganze Diagnostik beruhte auf der hauptsächlich von den Arabern ausgebildeten Ansicht, dafs zur Erkennung und Beurtheilung der Krankheit das Verhalten des Pulses und die Betrachtung des Urins vollständig genüge. Was die Heilmittel anbetraf, so bestanden sie fast ausschliefslich aus den schon von den Arabern gebrauchten Wurzeln, Kräutern, Pflanzensäften und Syrupen. Dazu trat seit Raymundus Lullus noch der Weingeist. Aufser der Destillation brauchten die Apotheker von chemischen Vornahmen nichts zu verstehen; eine Hauptsache war für sie der Handel mit Konfekt, welchen nur die Apotheker betreiben durften. Die chemischen Eigenschaften der angewandten Heilmittel kamen überhaupt nicht in Betracht, sondern man nahm an, dafs ihre Wirkungen sich nach den Aristotelischen Elementareigenschaften richteten, mit denen sie begabt seien. (Die Elementar- oder Ureigenschaften aller Dinge waren bekanntlich nach Aristoteles: heifs, trocken, kalt und feucht.) Gerade hier, auf dem so traurig vernachlässigten Gebiete der Heilmittellehre und Heilmittelkunde, hat Paracelsus, wie wir sehen werden, Grofsartiges geleistet.

Ueber die Ursachen der Krankheiten und ihre Heilungen herrschten ebenso verworrene Anschauungen. Es lag dies begründet in den mystischen Ansichten, welche man von der Natur überhaupt hatte; die Wahngebilde der Astrologie oder Sterndeuterei, der Magie, der Theosophie etc. beherrschten die Geister. Zur Beschäftigung mit diesen geheimen Wissenschaften trieb viele der unbefriedigte Wissensdrang, der mächtige Drang, die Geheimnisse der Natur, hinter welche

man auf gewöhnlichem Wege nicht zu gelangen vermochte, zu ergründen; die ganze Zeit wurde eben von einer gewissen Fauststimmung beherrscht. Faustgestalten waren auch schon die drei Alchemisten Albertus Magnus, Villanovanus und Lullus, hauptsächlich die beiden letzten, deren abenteuerliches, unruhiges Leben und Streben wir ja kennen gelernt. Am ausgeprägtesten kam dieser Zug der Zeit, dieses Unbefriedigtsein von dem vorhandenen Wissen und der daraus hervorgehende fortwährende Wechsel der Beschäftigungen, sowie die mystischen Ansichten in dem bekannten Naturkundigen Heinrich von Nettesheim aus Köln (1486—1535), gewöhnlich Heinrich Cornelius Agrippa von Nettesheim genannt, zum Ausdruck. Dieser Mann war zuerst Lehrer der Kabbala in Burgund, wurde dann Soldat, darauf Advokat in Metz, sodann Arzt zu Freiburg in der Schweiz, hierauf Astrolog am savoyischen Hofe und schliefslich kaiserlicher Geschichtsschreiber. Nach seiner Ansicht herrschen in der Natur Sympathie und Antipathie; alles hängt dadurch zusammen. Aehnliche Dinge haben zu einander Sympathie, unähnliche gegen einander Antipathie. So wirken die Gestirne auf die Metalle, weil zwischen beiden Sympathie besteht. Im übrigen treiben in der ganzen Natur Dämonen ihr Wesen. —

Wir haben den Zustand der Chemie bis zum Auftreten des Paracelsus eingehender betrachtet und nun noch einen kurzen Blick auf die sonstigen naturwissenschaftlichen und medizinischen Verhältnisse jener Zeit geworfen, in welcher dieser Reformator der Chemie, der Heilkunde und der Pharmacie auftrat. Dadurch sind wir im stande, die Bedeutung des Paracelsus für die genannten Wissenschaften zu verstehen.

(Schlufs folgt.)





Die Natur der Jupiter-Oberfläche. Der Astronom der Lick-Sternwarte, Herr Barnard, welcher seit einer Reihe von Jahren die Vorgänge auf dem Planeten Jupiter eifrig verfolgt, ist dabei neuerdings zu einigen bemerkenswerthen Gesetzen gelangt, die ihm auch zu einer neuen Ansicht über die Oberflächennatur des gröfsten Planeten verholfen haben. Zunächst hat er die Farbenänderungen der verschiedenen Zeichnungen studirt, welche auf dem Jupiter sichtbar sind, und hat gefunden, dafs die rothe Farbe ein Zeichen ihres Alters ist oder mit anderen Worten, dafs, wenn ein Fleck oder eine andere Zeichnung (von den weifsen Flecken abgesehen) zum ersten Male erscheint, sie dunkel oder schwarz aussieht, nach einiger Zeit aber roth wird. Nicht eine einzige Ausnahme von dieser Regel war aufzufinden. Auch der bekannte grofse rothe Fleck der südlichen Halbkugel erschien den Herren Corder und Terby im Jahre 1872 noch nicht als roth, sondern als dunkelgrauer oder schwarzer Fleck, während er Herrn Barnard 1879 bereits tief roth erschien, und diese Farbe seitdem immer behalten hat, wenn ihn nicht weifse Wolken theilweise verdeckten. Hieraus schliefst Herr Barnard, dafs der Fleck selbst sich nicht vor dem Jahre 1871 gebildet haben dürfte. In der letzten Opposition haben sich aufser diesem grofsen Flecke noch kleinere rothe und weifse runde Flecke in grofser Zahl gezeigt, und zwar zu allermeist wieder auf der südlichen Halbkugel; auf der nördlichen Hemisphäre trat nur ein System kleiner dunkler Flecken hervor, die den übrigen Theilen der Oberfläche in der Umdrehung beträchtlich voraneilen. Der vierte Trabant scheint bedeutenden Aenderungen seines Glanzes unterworfen, und der erste, der bereits so viele Sonderbarkeiten aufgewiesen hat — im Jahre 1890 sogar einmal doppelt gesehen wurde — wies wieder kaum erklärbare Gestaltsveränderungen auf, indem er bald in aequatorialer, bald in axialer Richtung gestreckt erschien.

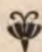
Herr Barnard weist nach seinen Beobachtungen die Ansicht,

dafs die sichtbare Oberfläche des Planeten eine wolkige Beschaffenheit habe, zurück und hält es mit den beobachteten Erscheinungen viel vereinbarer, wenn man sie in einem teigigen oder plastischen Zustande annimmt, und die Gürtel und Zeichnungen als blofse Farbenänderungen in derselben infolge innerer Eruptionen erklärt. „Der beobachteten Permanenz gewisser Zeichnungen und ihrer Farben kann hierdurch leicht Rechnung getragen werden, während die Wolkentheorie den fortgesetzten Bestand der verschiedenen Zeichnungen nicht genügend erklären kann. Bei Annahme der „plastischen" Theorie sieht man sofort, wie die dunklen Zeichnungen aus Materialien bestehen können, welche durch innere Störungen zur Oberfläche gebracht werden und durch Freiliegen an der Oberfläche Gestalts- und Farbenveränderungen unterliegen. Vielleicht lassen sich auch beide Theorien verbinden und die Lücken, welche die „plastische" Theorie in der Erklärung läfst, durch die Annahme lokaler Dampfwolken an oder auf der Oberfläche erklären. Freilich mag die geringe Dichtigkeit des Planeten einigermafsen dagegen sprechen, aber sicher erscheint die Theorie einer eingehenderen Betrachtung werth." —r.



Christoph Scheiners Forschungen über die Sonnenflecken sind für die Ergründung der Erscheinungsweise dieser räthselhaften Gebilde von grundlegender Bedeutung gewesen. Unsere Titelbilder, welche zugleich als Illustrationsproben der im vorigen Heft besprochenen Scheiner-Biographie von Braunmühls dienen können, sind dem umfangreichen Werke Scheiners entnommen, welches die Resultate dieser Forschungen unter dem eigenthümlichen Titel „Rosa ursina" bekannt machte. Die erste Abbildung zeigt uns die Vorrichtung, mit deren Hilfe Scheiner in späterer Zeit das durch ein Fernrohr auf ein Papierblatt projicirte Sonnenbild beobachtete. Der von ihm „Heliotrop" genannte, nach den Angaben des Pater Grienberger verfertigte Apparat war, wie die Zeichnung zeigt, um eine der Erdaxe parallele Axe und in beschränktem Mafse auch in der dazu senkrechten Richtung drehbar, bildet also einen gelungenen ersten Versuch der sog. parallactischen Aufstellung, wie sie gegenwärtig beim „Aequatorial" zur allgemeinen Anwendung gelangt. Die zweite Abbildung ist die Reproduktion eines von den 70 Sonnenbildern, welche der „Rosa ursina" beigegeben sind und den Lauf der Sonnenflecken quer über die Sonnenscheibe weg, bekanntlich eine Folge der Sonnenrotation, demonstriren. Wir müssen erstaunen über die Schärfe der

Wahrnehmung, wenn wir die unvollkommenen optischen Hilfsmittel in Betracht ziehen, welche dem Pater zur Verfügung standen. Hof, Kern und Lichtbrücke konnte er mit voller Deutlichkeit bereits unterscheiden, und auch die Veränderung des Aussehens der Flecken bei der Annäherung an den Sonnenrand (eine Folge der Kugelgestalt der Sonne) war seiner Beobachtung nicht entgangen. Einige rechnerischen Ergebnisse dieser Forschungen konnten von späteren Gelehrten kaum noch wesentlich verbessert werden. So bestimmte er die Rotationsdauer auf 25,33 Tage, während Spörer in neuester Zeit sie gleich 25,234 Tagen fand. Die Neigung des Sonnenäquators gegen die Ekliptik, welche von Galilei zunächst garnicht bemerkt worden war, bestimmte Scheiner zu 7°30′, während die neueren Beobachtungen Carringtons 7°15′ ergaben; ja auch selbst die geringere Geschwindigkeit der Flecken in höheren Breiten wurde bereits von Scheiner ganz richtig bemerkt und führte ihn auf seine, der Zöllnerschen verwandte Auffassung von der Natur dieser Bildungen. So sehen wir, dafs in der That Scheiners Leistungen auf diesem Gebiete ganz hervorragende sind, wenn auch seine Darstellung oft an übergrofser Weitschweifigkeit leidet und dadurch in sehr unvortheilhafter Weise gegen die geistsprühende Diction seines genialen Zeitgenossen und Feindes Galilei absticht. F. Kbr.



Die Strahlenbrechung auf der Sonne.

Die uns von der Sonne dargebotenen verschiedenen Erscheinungen, wie Flecken, Fackeln, Protuberanzen u. s. w., haben, wie dies in der Entwickelung unserer Kenntnisse über den Sonnenkörper begründet ist, sehr wesentlich von einander abweichende Erklärungen erfahren. Wir erinnern an die Herschel-Wilsonsche Sonnentheorie, an Kirchhoffs Entdeckung der Natur des Sonnenballes, an Zöllners, Secchis und Fayes Deutungen der Sonnenflecken. Eine uns vorliegende neue Schrift*) begiebt sich auf dasselbe Gebiet, aber ihre Grundlage ist eine ganz andere, als jene der genannten Theorien; es wird nämlich von Dr. A. Schmidt der bemerkenswerthe Nachweis versucht, dafs bisher bei derartigen Erklärungsversuchen der Antheil, den die Strahlenbrechung des Lichtes an den Sonnenerscheinungen hat, fast ganz unbeachtet geblieben ist.

Schmidt untersucht — wie wir gleich hervorheben wollen —

*) Dr. Aug. Schmidt: Die Strahlenbrechung auf der Sonne. Ein geometrischer Beitrag zur Sonnenphysik. Stuttgart, J. B. Metzler, 1891.

dafs die sichtbare Oberfläche des Planeten eine wolkige Beschaffenheit habe, zurück und hält es mit den beobachteten Erscheinungen viel vereinbarer, wenn man sie in einem teigigen oder plastischen Zustande annimmt, und die Gürtel und Zeichnungen als blofse Farbenänderungen in derselben infolge innerer Eruptionen erklärt. „Der beobachteten Permanenz gewisser Zeichnungen und ihrer Farben kann hierdurch leicht Rechnung getragen werden, während die Wolkentheorie den fortgesetzten Bestand der verschiedenen Zeichnungen nicht genügend erklären kann. Bei Annahme der „plastischen" Theorie sieht man sofort, wie die dunklen Zeichnungen aus Materialien bestehen können, welche durch innere Störungen zur Oberfläche gebracht werden und durch Freiliegen an der Oberfläche Gestalts- und Farbenveränderungen unterliegen. Vielleicht lassen sich auch beide Theorien verbinden und die Lücken, welche die „plastische" Theorie in der Erklärung läfst, durch die Annahme lokaler Dampfwolken an oder auf der Oberfläche erklären. Freilich mag die geringe Dichtigkeit des Planeten einigermafsen dagegen sprechen, aber sicher erscheint die Theorie einer eingehenderen Betrachtung werth." —r.



Christoph Scheiners Forschungen über die Sonnenflecken sind für die Ergründung der Erscheinungsweise dieser räthselhaften Gebilde von grundlegender Bedeutung gewesen. Unsere Titelbilder, welche zugleich als Illustrationsproben der im vorigen Heft besprochenen Scheiner-Biographie von Braunmühls dienen können, sind dem umfangreichen Werke Scheiners entnommen, welches die Resultate dieser Forschungen unter dem eigenthümlichen Titel „Rosa ursina" bekannt machte. Die erste Abbildung zeigt uns die Vorrichtung, mit deren Hilfe Scheiner in späterer Zeit das durch ein Fernrohr auf ein Papierblatt projicirte Sonnenbild beobachtete. Der von ihm „Heliotrop" genannte, nach den Angaben des Pater Grienberger verfertigte Apparat war, wie die Zeichnung zeigt, um eine der Erdaxe parallele Axe und in beschränktem Mafse auch in der dazu senkrechten Richtung drehbar, bildet also einen gelungenen ersten Versuch der sog. parallactischen Aufstellung, wie sie gegenwärtig beim „Aequatorial" zur allgemeinen Anwendung gelangt. Die zweite Abbildung ist die Reproduktion eines von den 70 Sonnenbildern, welche der „Rosa ursina" beigegeben sind und den Lauf der Sonnenflecken quer über die Sonnenscheibe weg, bekanntlich eine Folge der Sonnenrotation, demonstriren. Wir müssen erstaunen über die Schärfe der

auf elementarem, geometrischem Wege den Gang der Lichtstrahlen in den Atmosphären von Himmelskörpern, und zwar sowohl von solchen mit kleiner und wenig dichter Atmosphäre, als auch solchen von grofsen Dimensionen mit der Umkränzung einer sehr dichten Atmosphäre. Bei Himmelskörpern der zweiten Art nimmt die Krümmung von horizontal durch deren Atmosphäre gehenden Strahlen mit der Erhebung über die Oberfläche ab; die von einem Punkte der Oberfläche selbst ausgehenden Strahlen werden gebogen und treten geradlinig durch die Atmosphäre aus oder laufen gekrümmt wieder gegen die Oberfläche zurück. Für ein aufserhalb der Atmosphäre der Himmelskörper befindliches Auge bewirkt die Strahlenbrechung eine Veränderung der Gröfse des gesehenen Halbmessers, was der Verfasser als das Gesetz der Sphärenvergröfserung bezeichnet. Alle Veränderungen hängen ab vom Brechungscoëfficienten der mehr oder weniger dichten Atmosphäre des Körpers und von dem anfänglichen Winkel des Strahles gegen die Oberfläche. Aus diesem Gesetze der Sphärenvergrösserung folgert Schmidt wichtige Gesichtspunkte zur Beurtheilung der Erscheinungen auf der Sonne. Gebilde, wie Wolken, hohe Berge, können nicht über dem Sonnenrande sichtbar sein; sie erscheinen vermöge der Lichtbrechung nur auf dem Hintergrunde der vergröfserten Sonnenscheibe. Damit würde der Einwand Fayes gegen Kirchhoff beseitigt, dafs man, sobald die Sonnenflecken an den Sonnenrand gelangen, keine Spur von Wolken über dem Rande wahrnehmen kann. Die Einbiegungen des Sonnenrandes, die Faye als Grund für die Annahme der Vertiefung der Flecke in die Sonnenoberfläche anführt, sind nach Schmidt auf Strahlen zu deuten, welche einen grofsen Weg in der Sonnenatmosphäre zurücklegen und dabei Störungen in ihrem Laufe erfahren. Auch die Helligkeitsabnahme der Sonnenscheibe von der Mitte gegen den Rand läfst sich am besten durch Strahlenbrechung rechtfertigen. Der Verfasser macht auch darauf aufmerksam, wie sehr verschieden die Rotationszeit der Sonne um ihre Axe aus verschiedenen Sonnenfleckenbeobachtungen gefunden worden ist; dies würde erklärbar, wenn man annähme, dafs sich die Sonnenflecke in den verschiedensten Schichten der Sonnenatmosphäre bilden, in solchen mit gegen die Pole zunehmender Rotation sowohl, wie in solchen mit constanter Rotation. Schmidt bemüht sich auch, die Nichtübereinstimmung gewisser spektroskopischer Geschwindigkeitsmessungen am Sonnenäquator zu erklären, indem die Messungen nicht an ein und denselben Spektrallinien ausgeführt worden seien, sondern an verschiedenen, welche Atmosphärenschichten von beträchtlich von einander differirender Höhe angehören können.

Diese Betrachtungen und noch andere Gründe führen Schmidt darauf, die Sonne in Hinsicht auf Strahlenbrechung zu der zweiten Art der oben gedachten Himmelskörper zu zählen, also anzunehmen, dafs es sich bei der Sonne um eine Atmosphäre von sehr dichter Beschaffenheit und grofser Ausdehnung handelt. Er betrachtet die Sonne als einen Gasball von sehr hoher Temperatur, dessen Innneres im feurigflüssigen Zustande sich befindet; die Dichte nehme von Innen nach Aufsen stetig ab, und eine eigentliche Unterscheidungsgrenze (Oberfläche im bisher gebräuchlichen Sinne) zwischen den dichteren inneren Gasen und der Umhüllung sei überhaupt nicht vorhanden. In diese Schichten von verschiedener Dichte dringt durch das Fernrohr und das Spektroskop unser Auge und mufs mit den Erscheinungen resp. den Veränderungen rechnen, welche durch die Strahlenbrechung in jenen Schichten an den faktischen Vorgängen hervorgebracht werden. Schmidt stellt sich vor, dafs die Sonne ebenso wie das irdische Luftmeer Störungen und Strömungen unterworfen ist, dafs sich dort wie im irdischen Luftozean Hochdruckgebiete und barometrische Depressionen bilden, welche als Störungen der Strahlenbrechung wirken und eine ganze Gruppe von Erscheinungen hervorrufen können, welche man von dieser unterbrochenen, also unregelmäfsigen Strahlenbrechung ableiten kann. Der Verfasser wäre sogar geneigt, die Protuberanzen als ein Resultat dieser unregelmäfsigen Strahlenbrechung anzusehen.

Wir haben die Hauptmomente der Schmidtschen Darlegungen vorgeführt, ohne damit etwa sagen zu wollen, dafs wir denselben überall beistimmen könnten. Dafs die Strahlenbrechung auf der Sonne viele Phänomene, die wir beobachten, stark verändern kann, ist gewifs, und es gebührt ihr sicherlich (dies ist ein Verdienst der Schmidtschen Schrift) mehr Berücksichtigung als bisher. Dagegen bleibt es wohl noch fraglich, ob man mit der Strahlenbrechung als Erklärungsprinzip so weit gehen darf, wie der Verfasser. Es wäre wünschenswerth, wenn zunächst eine tiefere physikalische und mathematische Behandlung der Sache versucht würde; unsere Beobachtungen lassen möglicherweise, wenn sie entsprechend angeordnet würden, hierzu Anhaltspunkte gewinnen, welche ein bestimmteres Erfassen der Frage ermöglichen. *



Siriussterne und Sonnensterne. So manches anscheinend wohlbeglaubigte, interessante Forschungsergebnifs hat sich bereits unter der Gewalt einer wissenschaftlichen Gegenkritik wieder als unwahr-

scheinlich herausgestellt. Mit wie kritischen Augen man noch alle Schlüsse auffassen mufs, die aus der Beschaffenheit des Spektrums der Sterne auf ihr relatives Alter gezogen worden sind, das zeigt E. W. Maunder im Journal der Brit. Astr. Soc. für Okt. 1891. Unter den vier Haupttypen, die zuerst der gelehrte Jesuitenpater Secchi unter den Spektren der Fixsterne aufwies, ist der erste bekanntlich durch sehr stark markirte breite und dunkle Wasserstofflinien charakterisirt, gegen welche die Linien der Metalle zurücktreten; die Farbe dieser Sterne, zu denen Sirius und Vega gehören, ist weifs oder bläulich. Die Sterne vom zweiten Typus haben zahlreiche, bestimmt auftretende Metalllinien, neben denen die Wasserstofflinien, die allerdings vorhanden sind, nicht besonders auffallen; sie haben eine mehr gelbe Farbe, wie die Sonne und Arkturus. Man hielt sich bisher für berechtigt, in diesen Typen verschiedene Zustände in der Entwickelung der Gestirne zu erblicken. Wie von den irdischen Körpern die heifser glühenden mit weifsem Licht leuchten und beim allmählichen Erkalten ihren Farbenton stufenweise auf Roth herabstimmen, so nahm man an, dafs auch das weifse Licht der Siriussterne ein Zeichen heller, jugendlicher Gluth sei, und dafs mit dem fortwährenden Erkalten ihr Glanz zu dem gelblichen Lichte des Tagesgestirns übergehe, um in ferneren Altersstadien noch weitere Wechsel zu erleiden. Und so meinte man, jeder Stern mache nach einander die Zustände des Sirius und der Sonne durch. Wenn aber zwei Sterne gleichzeitig entstanden, so würde der gröfsere sich langsamer abkühlen, der kleinere schneller, und da unter den Leuchten der Nacht keiner die Wahrscheinlichkeit des höheren Alters für sich hat, so müssen die Siriussterne im allgemeinen von gröfserer Masse als die Sonnensterne, ferner im Durchschnitt weniger verdichtet, also nothwendig von gröfserem Volumen als die letzteren sein und drittens bei ihrer gröfseren Oberfläche und höheren Temperatur eine viel gröfsere Lichtmenge ausstrahlen. Sehen wir zu, ob die Erfahrung diese Kriterien bestätigt! Wenn wir zunächst die leuchtende Kraft der Gestirne einer Vergleichung unterziehen, so müssen wir dieselbe dabei auf die Einheit der Entfernung — diejenige unserer Sonne von der Erde — beziehen. Das kann natürlich nur für diejenigen Himmelskörper geschehen, deren Entfernung wir hinlänglich genau kennen. Maunder hat dies für neun Sterne vom ersten und dreizehn vom zweiten Typus ausgeführt, deren Parallaxen durch Elkinsche Heliometermessungen bestimmt sind. Dabei zeigte sich, dafs Vega und Arkturus in ihren Sternklassen als besonders glänzend hervortraten,

von diesen abgesehen aber der Glanz der Siriussterne im Durchschnitt nur etwa $^2/_3$ von demjenigen des anderen Typus beträgt. Damit fällt zunächst jene entschiedene und unfehlbare Ueberlegenheit, welche wir gröfseren Sternen in Bezug auf ihre Leuchtkraft zutrauen sollten. Was ferner gegen die Superiorität der Sterne vom ersten Typus spricht, das ist der Umstand, dafs gerade sie immer zahlreicher werden, je weiter wir in der Gröfsenstufe der Sterne herabsteigen, und dafs Professor Pickering sogar gezeigt hat, wie reich gerade der so speziell aus kleinen Sternen zusammengesetzte Gürtel der Milchstrafse an Siriussternen ist. Bei Doppelsternen sollten wir erwarten, dafs diejenigen Mitglieder eines Sternenpaares, welche dieselbe Farbe haben, auch dieselbe Gröfse offenbaren und dafs bei verschiedenem Farbenton der blauere Stern der gröfsere sei; aber gerade das Entgegengesetzte ist der Fall. Sprachen diese Argumente*) dafür, dafs die Sonnensterne die jüngeren und die riesigen Sterne seien, so fallen die folgenden Gründe umgekehrt wieder für die Siriussterne ins Gewicht.

Wenn wir den Glanz eines Doppelsterns als Mafs seiner Ausdehnung ansehen, so ergiebt sich, dafs die Doppelsonnen vom zweiten Typus im Durchschnitt 14 mal so dicht sind, als die Siriussterne. Die Sterne, welche Huggins im Orionnebel aufgewiesen hat und die wegen des Besitzes typischer Nebellinien als ganz junge Bildungen angesehen sein wollen, sind auch vom ersten Typus. Diesem gehören auch die Veränderlichen vom Algoltypus**) an; aber auch in diesen müssen wir sicher junge Bildungen erblicken, seitdem das Spektroskop den ihnen fast zur Berührung nahen Begleiter nachgewiesen hat, der sich wohl eben erst durch Fluthwirkungen eigenthümlicher Art vom Körper des Hauptsystems gelöst hat. Wägen wir die Gründe für und wider die Ueberlegenheit der Siriussterne ab, so kommen wir zu dem Schlusse, dafs die Spektraltypen kaum durch höheres Alter und gröfsere Ausdehnung zu erklären sind.

Nun hat man gerade in neuester Zeit die Ueberzeugung gewonnen, dafs in bestimmten Gegenden des Himmels Sterne von einem besonderen Spektralcharakter sich häufen. Das deutet u. A. jene oben erwähnte Bemerkung von Pickering über die Zusammensetzung der Milchstrafse an; der Orion erweist sich als reich an

*) Wir dürfen auch hinzufügen, dafs, wenn wir den Berichten einer grofsen Anzahl alter Forscher und Gelehrten trauen dürfen, der Sirius in den letzten zweitausend Jahren aus einem rothen sich in einen weifsen oder violetten Stern verwandelt hat, was für das höhere Alter weifser Sterne spräche.

**) „Himmel und Erde" Bd. II S. 239.

Sternen einer besonderen Abart des ersten Typus; die Plejaden, soweit sie in ungefähr derselben Entfernung von uns stehen, besitzen ein und dasselbe Spektrum,*) obgleich sie offenbar von sehr verschiedenartiger Gröfse sein müssen. Diese Beispiele zeigen, dafs es wahrscheinlich die Gröfse und das Alter der Gestirne nicht sind, welche den Spektraltypus bedingen, sondern vielmehr die Art ihrer chemischen Zusammensetzung aus gewissen Materialien in bestimmten Verhältnissen. So allein läfst es sich verstehen, warum besonderen Regionen des Himmels bestimmte Spektraltypen eignen. Freilich hat man mit dem Spektroskope noch keine anderen chemischen Elemente im Weltall nachzuweisen vermocht, als auch auf der Sonne gefunden werden; aber warum sollen wir annehmen, dafs diese Stoffe durch das ganze Weltall in demselben Verhältnisse vertheilt sind, warum soll nicht eine bestimmte Gegend reicher an Wasserstoff, eine andere für schwerere Metalle ergiebiger sein? Wir erkennen sonach, wie vorsichtig bei der Deutung der Spektra in Bezug auf die Konstitution der Gestirne verfahren werden mufs. Sm.



Künstlicher Regen.

Vor einiger Zeit brachten die Zeitungen die kuriose Mittheilung, dafs es gelungen sei, den Wolken — wie ehedem den Blitz mit papiernem Drachen — so jetzt den Regen mit explosiven Körpern zu entreifsen. Was aus Amerika kommt, daran pflegt etwas Wahres zu sein, das aber erst aus der Schale der Uebertreibung herausgelöst werden mufs. Es hiefs bereits, dafs Gegenden, die bis dahin wüst gelegen waren, durch künstliche Regengüsse in kurzer Zeit zu üppigen Getreidefeldern umgewandelt worden seien. Aber es läfst sich leicht berechnen, dafs so eine Verwandlung — wenn überhaupt möglich — mit grofsen Kosten verknüpft sein mufs. Das Experiment, welches einen guten Gewitterregen hervorbringen soll, kostet nämlich nicht weniger als 21000 Dollars, und nimmt man an, dafs die bewässerte Fläche 400 Hektar mifst, so stellt sich der eine Regengufs für den Hektar auf 200 Mk., d. h. auf 8 Mk. für jedes Hektoliter von dem erzeugten Getreide — Unkosten, welche die Waare offenbar nicht verträgt. (Ciel et terre 1891, Dec. 1).

Immerhin verdienen die Versuche, denen das meteorologische Bureau der Vereinigten Staaten völlig fern geblieben ist, die sich aber

*) „Himmel und Erde" Bd. III S. 465.

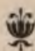
des Interesses des Landwirthschaftlichen Ministeriums erfreut haben, nach Art ihrer Anstellung und ihrer Erfolge eine kurze Betrachtung. Die Explosionskörper, denen man eine regenerzeugende Wirkung auf Gewitterwolken zutraute, waren mit Knallgas gefüllte Ballons von drei Metern Durchmesser, Dynamitpatronen, die man durch Hirschkäfer in die Lüfte tragen liefs, schliefslich Sprengmassen, bestehend aus chlorsaurem Kali und Dynamit, sogenannte Rackarocks, die auf dem Boden entzündet werden sollten.

Nach mehrmonatlichen vorbereitenden Versuchen in Washington begab sich die Expedition nach einem im Nordosten von Texas gelegenen Gehege. Man brauchte hier wieder viel Zeit, um die Oefen, welche der Herstellung des Füllgases dienten, in Ordnung zu bringen, und schliefslich stellten sich den Ballonversuchen solche Hindernisse in den Weg, dafs diese ersten Versuche fehlschlagen mussten. Ebensowenig ergaben die Dynamitpatronen ein positives Resultat, und nur das Entzünden so gewaltiger Massen, wie von 15 Centnern Rackarock durch einen Eisendraht mit Hülfe einer kleinen, tragbaren Dynamomaschine, hatte einigen Erfolg. Doch darf man denselben nicht überschätzen. Es ist nämlich nicht aus dem Auge zu verlieren, dafs die betreffende Gegend auch ohne künstliche Erregung von Niederschlägen befallen wird. Während vom 16.—20. August am Horizonte fortwährend Gewitter heraufzogen, ohne indessen jenen Ort zu erreichen, stellte man die ersten günstigen Versuche an. Immer 30—40 Sekunden nach einer Detonation ergofs sich etwas Regen aus den Haufen- und Gewitterwolken, mit denen der Himmel dicht behangen war, und fiel der Regen bereits vorher, so vermehrte er sich durch die Explosion ein wenig. Aber die Menge des gefallenen Niederschlages überstieg niemals zwei Millimeter.

Bei späteren Versuchen fielen dagegen Regen bis zu einer Höhe von zehn Millimetern; ob aber dabei die Versuche direkte und alleinige Ursache waren, das läfst sich nicht entscheiden. So in den Tagen, die jener Pentade folgten. Die Theilnehmer der Expedition waren damals der Ansicht, dafs sie den Umschlag des Wetters bewirkt hätten, aber die Wetterlage, wie sie in die synoptischen Karten niedergelegt ist, läfst erkennen, dafs er auch ohnedies wohl erfolgt wäre, und dafs es auch an benachbarten Orten ohne vorhergegangene Explosionen feuchte Luft und auch starken Regen gegeben hat. So war es auch bei den letzten, am 25. August Abends angestellten Versuchen, denen vier Stunden später ein heftiger Gewitterregen folgte. Auch hier hätte man denselben mit Hülfe der Wetterkarten wohl voraussagen können.

Und sonach kommen wir zu dem Ergebnisse, dafs jene Versuche zwar in einigen Fällen von geringem Erfolge begleitet erscheinen, dafs aber die Lösung des Problems, Regen durch Explosionen zu erzeugen, für die Praxis noch völlig unbrauchbar sein wird, einmal wegen ihrer Kostspieligkeit, und dann, weil eben die Resultate minimale sind.

Sm.



Die Wurzelknöllchen der Leguminosen. — Nichts ist ewig als die Materie und die sie beherrschenden Gesetze, nichts dauernd als der fortwährende Wechsel ihrer Gestaltung. Wie hat sich nur von dem Zeitpunkte an, wo die starrgewordene Erdrinde organischen Körpern ein wohnliches Obdach anbot, die Form dieser durch die ewigen Gesetze der Vererbung und des Kampfes aller gegen alle ausgestattet. Aber diese Gesetze selbst sind erst spät erkannt worden, und das Zusammenwirken wie der ewige Kampf der Organismen, dessen Schauplatz unser Planet ist, sie sind im Einzelnen nur wenig und erst spät erforscht worden. Den letzten Jahrzehnten war es vorbehalten, gerade hier einige Entdeckungen zu machen, die wie Schlaglichter das sonst so dunkle Schlachtfeld erhellen. Dafs Pilze und Algen, ihre Selbstständigkeit aufgebend, sich zu gemeinsamer leichterer Ernährung eng an einander schliefsen und so die vielverbreiteten Gebilde erzeugen, die man Flechten nennt, das ist eine dieser Grofsthaten der biologischen Wissenschaft. Die fortschreitende Technik der Mikroskope und die Ausbildung neuer Methoden der Forschung haben einige kaum minderwerthige Ergebnisse gezeitigt. Seit der Entdeckung der Bakterien ist kaum ein Jahr vergangen, in dem nicht eine neue wichtige Wirkung derselben aufgefunden wurde. Der Abscheu, den diese Verderber der Fleischwaaren, diese Erzeuger schwerer Krankheiten in empfindsamen Gemüthern erregen, wird vielleicht etwas gemindert durch die Ueberlegung, dafs gerade sie es sind, die durch die Fäulnifs verwesender Organismen dem Erdboden diejenigen Stoffe wieder zuführen, deren die Pflanzen zu ihrem Aufbau benöthigen. Vor allem sind es das Ammoniak und die Salpetersäure, sowie die Salze der letzteren, welche von den Bakterien als Verdauungsprodukte ausgeschieden und dem Erdboden wieder zurückgegeben werden, von wo diese stickstoffhaltigen Substanzen ihren Kreislauf von neuem beginnen können.

Bereits 1858 hat — worauf der bekannte Bacillenentdecker Professor Ferdinand Cohn in Breslau neuerdings aufmerksam macht — ein junger Forscher, Lachmann, eine eigenthümliche Fundstelle für

Bakterien nachweisen zu können geglaubt. An den Wurzeln unserer Hülsenfrüchtler, jener für Thiere und Menschen als Nahrungspflanzen gleich wichtigen, schmetterlingsblüthigen Gewächse, wie der Bohne, Erbse, Lupine und Saubohne finden sich fast allgemein knöllchenartige Gebilde, deren Inhalt aus nichts anderem denn aus Bakterien zu bestehen schien. Waren es krankhafte Erscheinungen, so hätten die Pflanzen darunter leiden müssen. Es schien aber, als ob gerade umgekehrt diejenigen Individuen, deren Knöllchenreichthum zurückstand, ein kümmerliches Aussehen hätten. Damals war bereits die Frage, ob die höheren Pflanzen den Stickstoff der Luft direkt in sich aufnehmen könnten, in negativem Sinne entschieden worden. Die Landwirthe aber hielten noch immer besonders für die Hülsenfrüchtler an der entgegengesetzten Ansicht fest, weil sie sich überzeugten, dafs ein Feld, welches mit Schmetterlingsblüthlern bestanden gewesen war, im nächsten Jahre sich besonders reich an Ammoniak und salpetersauren Bodensalzen erwies. Da nun zeigte bereits Lachmann, wie wahrscheinlich es wäre, dafs vielmehr diese stickstoffhaltigen Stoffe von den Hülsenfrüchtlern vermöge der Wurzelknöllchen besser als von andern Pflanzen aufgenommen würden, vielleicht aus dem Boden, aber möglicherweise auch aus der Luft. Jene sollten zunächst als Speicher für die Ansammlung der Stickstoffverbindungen dienen und später würden diese bei ihrer Zersetzung den Pflanzenkörpern als Eiweifsstoffe zu gute kommen. Das Belassen der gesamten Pflanzen oder doch ihrer unterirdischen Theile im Erdboden mufste aber diesem zuführen, was durch die Knöllchen vielleicht der Luft entrissen war, und das rechtfertigte die Ansicht der Landwirthe.

Diese gewichtigen Vermuthungen schienen indefs vergessen, sie eilten zu sehr den langsamen Schritten kritischer Untersuchung voraus; erst vor wenigen Jahren gelangte die experimentelle Forschung auf denselben Punkt. Zuerst gelang es, ein anderes aufzuklären: Die Gärtner wufsten längst, dafs die Kultur sehr vieler Waldpflanzen in der gewöhnlichen Gartenerde nicht gelingt; solche Gewächse sind z. B. die Heidekräuter, die Alpenrosen und der Kellerhals; wohl aber gediehen dieselben, wenn man die Wurzeln der Pflanzen, sowie man sie dem Waldboden entrissen hatte, nicht entblöfst von der Erde der Heide in frische, den obersten Schichten des Waldbodens entnommene Dammerde pflanzte. Warum gelang es, andere Bäume des Waldes ohne diese Vorsichtsmafsregel in der Scholle des Gartens zum Gedeihen zu bringen? Die Antwort giebt eine genaue Vergleichung der Wurzeln dieser und der vorhergenannten Pflanzen. Die Heidekräuter, wie viele

Waldbäume, sind in ihren unterirdischen Theilen von einem ganz dichten Mantel umgeben, der sich bei näherer Betrachtung als ein Pilzgeflecht erweist. Dieses fehlt z. B. bei den Linden und dem Epheu, deren Verpflanzung ohne Vorsichtsmafsregeln immer gelingt. Wir dürfen schliefsen, dafs jenes Pilzgeflecht eine sehr wesentliche Rolle bei der Ernährung der betreffenden Gewächse spielt, so dafs — wo es fehlt — die Aufnahme der Nahrung aus dem Erdboden gestört, wenn nicht verhindert ist. Frische Heideerde enthält diese Pilze noch in lebender Form, später aber erweist sie sich als ungeeignet für die Aufnahme von Heidekräutern, weil die Pilzgeflechte abgestorben sind. Sollte das nicht umgekehrt darauf schliefsen lassen, dafs auch die Pilze einer selbstständigen Ernährung nicht fähig sind und dafs sie nur in Gemeinschaft mit den belaubten Waldpflanzen gedeihen? In der That haben wir hier ein ausgezeichnetes Beispiel jener innigen Lebensgemeinschaften zweier grundverschiedenen Organismen vor uns, die auf einander in ihrer Ernährung angewiesen sind: Das Pilzgeflecht liefert den grünen Pflanzen Stoffe, die es allein aus dem Boden aufnehmen kann; die belaubte Pflanze führt dagegen dem Pilze Stoffe zu, die sie unter dem Einflusse des Sonnenlichtes aus der Luft aufnimmt.

Mag sein, dafs diese Entdeckung es war, die zu einer kräftigen Inangriffnahme ähnlicher Untersuchungen für die Hülsenfrüchtler führte Eine Reihe der namhaftesten Forscher haben in den letzten Jahren die Natur der erwähnten Wurzelknöllchen zum Gegenstande ihrer Arbeiten gemacht. Einer der ersten, der auf der Grundlage des Experiments vorging, war der englische Botaniker Ward. Er pflanzte Erbsen und Saubohnen in einen Boden, welcher vorher durch Erhitzung seiner organischen Bestandtheile beraubt war. Die jungen Pflänzchen wurden vermittelst einer Kapillarröhre mit Wasser bespritzt, welches von dem Inhalte eines Wurzelknöllchens infizirt war. Dabei traten eine Reihe merkwürdiger Erscheinungen auf, gleichgültig, ob die infizirenden Erscheinungen einer Bohne entlehnt und einer Erbse eingeimpft wurden oder ob sie von einer gleichartigen Pflanze herkamen. An der Wand eines Wurzelhaares zeigt sich zunächst ein glänzender Punkt; von diesem aus dringt ein Faden, ähnlich demjenigen eines Pilzgeflechtes, durch die zarte Zellwand in das Innere des Haares ein, vergröfsert sich auf Kosten des Zellplasmas und regt es dadurch zur Theilung an. Er verzweigt sich in den inneren Rindenzellen und veranlafst sie zur Knöllchenbildung. Das Innere der Knöllchen besteht aus bakterienähnlichen Körperchen, welche nach Ward Keimchen

heifsen. Ueber die eigentliche Natur dieser gehen die Ansichten weit auseinander. Ward hielt sie für einfache Brutknöspchen, hervorgegangen aus jenem glänzenden Punkte, welcher genau dieselbe Natur bereits besitzt. Entstehen können diese Keime nur dadurch, dafs von aufsen ein solcher bakterienähnlicher Körper auf eine Wurzelfaser gelangt; alles andere, als diese Art Infektion, erscheint nach der Anordnung der Versuche ausgeschlossen.

Der Franzose Bréal hat seine Aufmerksamkeit vorzüglich der Nahrungsaufnahme der Schmetterlingsblüthler zugewendet, und seine Versuche lassen kaum einen Zweifel, dafs die eigenthümlichen Gebilde zur Assimilirung luftentstammter Stickstoffverbindungen sich vorzüglich eignen. Die Versuche betrafen Bohnen und Luzernen, und die auf feuchtem Löschpapier gekeimten Samen wurden mit dem Inhalte eines Wurzelknöllchens einer Goldregenart eingeimpft. Der Boden war reiner Flufssand, dem jede Spur von Stickstoff vorher entzogen war. In 167 Tagen waren die Pflanzen herangewachsen und zeigten eine grofse Zahl Knöllchen von Schrotkorngröfse. Da sie siebzehn mal so viel Stickstoff enthielten wie die ursprünglichen Samen, und da sich dieser auch im Sande vorfand, so läfst sich eben nichts anderes schliefsen, als dafs jene Wurzelknöllchen der Luft Stickstoff in hohem Mafse entziehen. In einem anderen Falle enthielt eine Luzerne beim Schlusse des Versuches nicht weniger als das Achtzigfache ihres ursprünglichen Stickstoffgehaltes, während der sandige Nährboden den seinigen verdoppelt hatte. Bedenkt man umgekehrt, dafs diejenigen Schmetterlingsblüthler, denen es an Knöllchen gebricht, in unfruchtbar gemachtem Boden weder welche bilden können, noch auch sich Stickstoff anzueignen vermögen, also elend verkümmern müssen, so ergiebt sich wohl der sichere Schlufs, dafs die Atmosphäre der Stickstofflieferant für die bakterienähnlichen Gebilde ist, und dafs diese es sind, die den Boden mit Stickstoff bereichern.

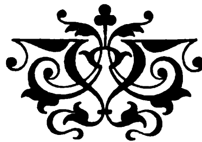
In ein neues Stadium trat die Frage vor zwei Jahren durch die Untersuchungen des Herrn Frank. Ihm gelang es, nachzuweisen, dafs es Pflanzen giebt, die auch ohne vorherige direkte Infizirung solche Wurzelknöllchen spontan erzeugen. Eine solche ist die Bohne. Da das Mikroskop in den Knöllchen eigenthümliche Mikroorganismen nachweist, deren spontane Entstehung nicht wohl denkbar ist, und da auch andere Pflanzen eben nur nach vorheriger Impfung jene Gebilde entwickeln, so ward der Gedanke genährt, dafs diese bakterienähnlichen Körper sich auch in anderen Theilen der Pflanze finden möchten und,

die Zellwände durchwandernd, selbst in die Samen fortgeschleppt werden könnten. Aus den Samen aber würden sie nach deren Keimung neue Knöllchen bilden und so Generationen hindurch parasitisch fortleben, ähnlich wie ihre schädlichen Verwandten, welche erbliche Krankheiten der Menschen hervorbringen. Hierfür ward der Nachweis durch die mikroskopische Untersuchung erbracht: alle Theile der Pflanze vermögen jenen Mikroorganismus zu enthalten, bei der Bohne selbst der Samen. Von der Nährpflanze erhält der Parasit, was er zum eigenen Leben braucht; nach ihrem Tode aber kräftigt er dankbar die Nachkommenschaft, die ohne ihn im unfruchtbaren Boden umkommen müfste. Wir haben sonach wirkliche fremde Körper innerhalb der Nährpflanze, und nichts hält uns ab, sie mit dem Namen des Bakteriums auszuzeichnen. Aber was bedeuten die glänzenden Punkte, die Ward auf den infizirten Wurzelhaaren nachweisen konnte, was die pilzfadenähnlichen Schläuche, die, in das Innere derselben hineinwachsend, zur Zelltheilung und Knöllchenbildung Anlafs geben? Herr Frank sieht dieselben als eine ureigene Bildung der Pflanzen selbst an, nicht hervorgerufen durch einen ihr fremden Parasiten. Erinnern wir uns, wie die Blüthen der Pflanzen ihren Honig bilden, um nützliche Insekten zur unfreiwilligen Uebertragung des Blüthenstaubes einzuladen, wie der Wasserschlauch und die Schuppenwurz unter dem Wasser oder der Erde verborgene Schlupfwinkel bieten für Thierchen, die hier ein willkommenes Obdach gegen feindliche Angriffe zu finden vermeinen, und nur Grabkammern erreichen, und unterwerfen wir, so vorbereitet, jene Fäden einer neuen Betrachtung! Sollten wir hier nicht eine Bildung der Nährpflanzen vor uns haben, bestimmt, durch ihren eigenthümlichen plasmatischen Inhalt die Keime der nützlichen Bakterien einzusaugen und, den Saftmalen der Blüthe vergleichbar, in das Innere der Pflanze zu führen? Hier suchen und finden jene Organismen die ihnen dienliche Nahrung, und sie erweisen sich ihren Ernährern wohlthätig, indem sie ihnen den Stickstoff der Luft zuführen, der ihnen sonst eine Tantalusnahrung wäre: nahe liegend und unerreichbar. Der Inhalt der Knöllchen aber ist weniger erfüllt von diesen Organismen selbst, als vielmehr von den Produkten ihrer ernährenden Thätigkeit, von Eiweifsstoffen, die die Pflanze aufspeichert, um sie später anderweitig zu verwenden. Schrumpft dann das Knöllchen ein, so bleiben doch die Bakterien, und stirbt die Pflanze, so kehren sie in den Boden zurück, um ihre Keime nach einiger Zeit einer neuen Pflanze zuzusenden. Die Knöllchen und ihre Erreger, die Bakterien, sind den Pflanzen demnach überall dort unentbehrlich, wo der Erdboden keine Stickstoff-

verbindungen liefern kann, während sie im Humusboden völlig entbehrt werden können.

Fürwahr, dies Beispiel von gegenseitiger Unterstützung, wie es uns zwei so wesentlich verschiedene Körper bieten, wie der Hülsenfrüchtler mit den grofsen Schmetterlingsblüthen und das mikroskopische Rhizobium Leguminosarum, wie man das Bakterium genannt hat, kann unserer Phantasie einen mächtigen Schwung geben. Wo immer etwas wächst und gedeiht, wird es nicht allein durch sich grofs und schön, sondern nur mit Hülfe anderer Organismen, die ihm die Hand zur wechselseitigen Hülfe bieten. Schon glaubt man erkannt zu haben, dafs die vorhin erwähnte Schuppenwurz die eingefangenen Infusorien nicht selbstständig verdaut, sondern auch hierfür auf die Unterstützung von Bakterien angewiesen ist. Was wird die fortschreitende Wissenschaft den kleinsten Lebewesen noch für Bestimmungen nachweisen? Die Beschäftigung mit ihnen wird Generationen Arbeit genug sein.

Sm.





Die Thier- und Pflanzenwelt des Süfswassers. Einführung in das Studium derselben. Unter Mitwirkung von Apstein (Kiel), Borcherding (Vegesack), Clessin (Ochsenfurt), A. Forel (Morges), A. Gruber (Freiburg i. Br.), P. Kramer (Halle), F. Ludwig (Greiz), Migula (Karlsruhe), L. Plate (Marburg), E. Schmidt-Schwedt (Berlin), A. Seligo (Danzig), J. Vosseler (Tübingen), W. Weltner (Berlin), Zschokke (Basel), herausgegeben von Dr. Otto Zacharias, Direktor der Biologischen Station am grossen Plöner See in Holstein. Zwei Bände mit 130 in den Text gedruckten Abbildungen. Leipzig, J. J. Weber, 1891. VI und 369 S. und X und 380 S.

Wenn der Herausgeber dieses werthvollen Sammelwerks im Vorwort zum zweiten Bande sagt, es sei, nach der dem ersten zu theil gewordenen Aufnahme zu urtheilen, eine in der biologischen Literatur wirklich vorhandene Lücke ausgefüllt worden, so hat er nicht zuviel gesagt. Denn alle diejenigen, welche sich aus theoretischen oder praktischen Motiven mit der Untersuchung des thierischen und pflanzlichen Lebens in den Seen beschäftigen, werden hier eine Fülle von thatsächlichen Angaben darüber finden, wie sie kein anderes Werk bietet. Die Namen der zahlreichen Mitarbeiter leisten auch schon eine gewisse Bürgschaft für die Zuverlässigkeit der biologischen Beobachtungen. Besonders die Aufsätze von Gruber über die Rhizopoden, von Migula über die Flagellaten, von Schmidt-Schwedt über die Kerfe und Kerflarven des süfsen Wassers haben den Referenten interessirt, während die Hensensche, von Apstein beschriebene quantitative Bestimmuug des Auftriebs (Plankton) im Süfswasser zu wenig kritische Behandlung findet und „die schier unverwüstliche Lebenskraft der Räderthiere" (Plate I. 319) stark an überwundene Irrlehren erinnert. Dafs der Herausgeber die Bryozoen, die Infusorien, die Hydren und die höheren Würmer ganz unbearbeitet liefs, weil in der Fachliteratur darüber genügend und leicht Aufschlufs erhalten werden könne, ist nur aus äufseren Gründen zu rechtfertigen — der Umfang des Werkes, und damit sein Preis, wäre zu sehr angewachsen. Aber es fragt sich, ob für den vorliegenden Zweck es sich nicht mehr empfiehlt, den erwähnten, den Anfänger besonders anziehenden Gruppen einheimischer Süfswasserorganismen eine Stelle einzuräumen, als den Wirbelthieren. Der Verfasser der Abhandlung über die deutschen Süfswasserfische und ihre Lebensverhältnisse (A. Seligo) hatte jedenfalls die schwierigste Aufgabe, da er alles auf einige Bogen zu bringen unternahm, was ein stattliches Buch füllen würde. Indessen was noch fehlt, kann wohl in einer neuen Auflage oder in einem Supplement-Band hinzukommen. Die beiden an sich recht brauchbaren, aber sehr wenig biologischen Werke von O. Kirchner „Die mikroskopische Pflanzenwelt des Süfswassers" und von F. Blochmann „Die mikroskopische Thierwelt des Süfswassers" aus den Jahren 1885 und 1886 (Braunschweig, Haering) würden dann die erwünschte Ergänzung finden.

Passend ausgewählte Literaturangaben sind jeder Abhandlung beigefügt.

Die Ausstattung des Werkes ist gut, nur könnten viele von den Abbildungen besser ausgeführt sein. Die Zeichnungen sind es weniger, als der zu geringe Unterschied zwischen Hell und Dunkel, welcher die Körper der Thiere (z. B. Fig. 37 im 2. Band) flach statt plastisch erscheinen läfst. Manche der in grofser Zahl von den Autoren selbst gelieferten Original-Illustrationen würden gewinnen, wenn sie weifs auf schwarzem Grunde gedruckt wären, statt umgekehrt: Doch hat sowohl der Herausgeber, welchem die auch in diesem Buche beschriebene erste biologische Süfswasser-Station in Plön ihre Entstehung verdankt, als auch die Verlagshandlung mit so rühmlicher Hingebung und Opferwilligkeit an der Herstellung des für das Studium der Süfswasser-Biologie Deutschlands unentbehrlichen Werkes gearbeitet, dafs es an dieser Stelle sich weniger geziemt, Ausstellungen im Einzelnen näher zu begründen, als vielmehr beiden besondere Anerkennung und Dank auszusprechen. W. Preyer.

C. Dillmann. Astronomische Briefe. Die Planeten. Tübingen, 1892. H. Laupp'sche Buchhandlung.

Schreiben kann jeder, der nur ein klares Wissen von dem, was er schreiben will, besitzt. Populär schreiben ist Sache desjenigen, der das Gewand wissenschaftlicher Sprache abzulegen und sich dem Gedankenkreise minder Vorgebildeter anzupassen versteht. Soll der populäre Schriftsteller seinen Zweck ganz erreichen, so mufs er sich über die Grundsätze eines guten didaktischen Verfahrens im klaren sein. Er mufs vor allem durch geeignete Verwerthung derjenigen Vorstellungen, die er bereits bei seinen Lesern voraussetzen darf, die richtige Stimmung für die Aufnahme neuer Ideen zu erzeugen fähig sein; er wird fortwährend darauf bedacht sein müssen, durch Einflechtung interessanter Vergleiche diese Vorstellungen zu vertiefen, und vor allem darf er nicht aus dem Auge verlieren, dafs dem Wissensbedürftigen in der so viele Anforderungen stellenden Gegenwart die Zeit der Erholung nicht gar erschwert werden darf; er wird also den Stoff auf dasjenige zu beschränken haben, was sich der Popularisirung nicht entzieht, und durch Glätte des Styls seinem Leser die Arbeit erleichtern müssen. Das bildungsbedürftige Publikum wünscht eine feuilletonistische Lektüre, wie sie u. a. Aufsätze von Wilhelm Meyer bieten. Die vorliegenden Aufsätze sind zuerst im Schwäbischen Merkur erschienen. Der Verfasser sucht in ihnen den eben präzisirten Forderungen gerecht zu werden, und es ist ihm gut gelungen. Die neuesten Ergebnisse der Himmelsforschung im Gebiete der Planeten werden in einer leichten und anregenden Weise geboten. Wir heben die beiden Kapitel über die Bewohnbarkeit der Welten hervor, in deren erstem die geschichtliche Entwickelung der darüber herrschenden Ideen klargelegt wird, während im zweiten aus der Oberflächenbeschaffenheit der einzelnen Planeten die Entscheidung der Frage herbeigeholt wird. Wir wollen uns einige Aussetzungen, die wir in Beziehung auf einige herangezogene Beispiele und auf die Art, wie der Verfasser für seine Stoffe hin und wieder Stimmung zu machen versucht, ersparen, weil wir das Buch als eine gute Lektüre empfehlen können. —r.





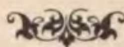
Herrn **E. W.** in Hamburg. Sie fragen an, auf welche Weise der S. 198 und 220 erwähnte sogenannte absolute Nullpunkt der Temperatur bestimmt worden ist, und inwiefern man sagen dürfe, dafs bei dieser Temperatur von — 273° C. die Wärme aufhöre. — Die Beantwortung dieser Frage mufs an eine Formel anknüpfen, welche empirisch gefunden, dann aber unter dem Namen des Mariotte-Gay-Lussacschen Gesetzes auf Grund der modernen Vorstellung von der Constitution gasförmiger Körper verallgemeinert und als theoretische Nothwendigkeit erkannt worden ist. Bezeichnet man mit p und p_0 den von einem Gase ausgeübten Druck bei t°, resp. 0° Celsius, ebenso mit v und v_0 die zugehörigen Volumina bei t° und 0°, so lautet diese Formel:

$$v \cdot p = v_0 \cdot p_0 \left(1 + \frac{1}{273}\, t\right) \text{ oder auch:}$$

$$v \cdot p = \frac{v_0 \cdot p_0}{273} \left(273 + t\right)$$

Hierin ist nun $\frac{v_0 \cdot p_0}{273}$ ein constanter Faktor, und es wird daher die rechte Seite Null, sobald $t = -273°$ C. Bei dieser Temperatur mufs also $v \cdot p$ gleich Null werden, und da das Volumen nicht völlig verschwinden kann, mufs also der Druck des Gases aufhören. Die von Clausius begründete, sogenannte kinetische Gastheorie nimmt nun an, dafs der Druck der Gase herrührt von der lebendigen Kraft derjenigen Bewegung der Molekel, welche als Wärme bezeichnet wird. Bei — 273° C. wird aber nach dem Obigen der Druck oder die lebendige Kraft der Wärmebewegung Null, d. h. die Wärme hört bei dieser Temperatur überhaupt auf; die Temperatur von — 273° C. heifst darum der „absolute Nullpunkt" der Temperatur. Ist die kinetische Gastheorie richtig — und daran zweifelt gegenwärtig wohl kein Physiker mehr — so ist also eine noch gröfsere Kälte überhaupt nicht denkbar, denn Kälte ist ja nichts positives, sondern nur „Mangel an Wärme". Die Bestimmung dieses „absoluten Nullpunkts" fällt nach dem Obigen zusammen mit der experimentellen Ermittelung des Coëfficienten von t im Gesetze von Mariotte und Gay-Lussac. Dieser Coëfficient $\left(\frac{1}{273}\right)$ heifst auch der Ausdehnungscoëfficient der Gase, denn er giebt uns zugleich an, um den wievielten Theil sich ein gegebenes Gasvolumen ausdehnt, wenn es bei unverändertem Druck um 1° C. erwärmt wird, eine Gröfse, welche sich leicht durch Beobachtung messen läfst.

F. Kbr.



Verlag von Hermann Paetel in Berlin. — Druck von Wilhelm Gronau's Buchdruckerei in Berlin.
Für die Redaction verantwortlich: Dr. M. Wilhelm Meyer in Berlin.



Zur Geschichte der Erdmessungen.

Von Prof. C. F. W. Peters.

Eins der ältesten Probleme, mit denen sich denkende Menschen beschäftigt haben, betrifft die Bestimmung der Gröfse und Figur der Erde. Bereits in sehr früher Zeit haben manche Erscheinungen zu der Annahme geführt, dafs die Erde nicht, wie etwa noch in der Vorstellung Homers lag, eine flache Scheibe sei, sondern dafs sie im wesentlichen die Form einer Kugel haben müfse. Zwar haben wir über die astronomischen Kenntnisse der ältesten Völker wenig direkte Nachrichten, indessen ist die Erzählung der Alten, dafs die Chaldäer die Kugelgestalt der Erde gelehrt haben, nach dem, was wir sonst über ihre astronomischen Kenntnisse wissen, durchaus glaublich. Denn die Chaldäer kannten die Ursachen der Sonnen- und Mondfinsternisse so genau, dafs sie sogar im stande waren, wenigstens die letzteren vorauszuberechnen, und sie beobachteten die Finsternisse mit grofser Sorgfalt, so dafs z. B. Ptolemäus auf Grund der von den Chaldäern beobachteten Mondfinsternisse, in Verbindung mit seinen eigenen, eine sehr genaue Theorie über die Mondbewegung aufstellen konnte. Da konnte ihnen nun wohl die Bemerkung nicht entgehen, dafs der Schatten der Erde stets auf dem Monde einen Kreisbogen bildete, in welcher Richtung, von der Erde aus, der Mond auch erschien, und diese Erscheinung mufste sie nothwendig auf die Kugelgestalt der Erde führen. Auch wissen wir, dafs der erste Grieche, den man als einen Astronomen bezeichnen kann, Thales, seine astronomischen Kenntnisse im Auslande, wahrscheinlich in Aegypten, erhalten hat, und da auch er nach der Ueberlieferung die Kugelgestalt der Erde lehrte, so können wir hieraus ebenfalls schliefsen,

dafs diese Lehre im hohen Alterthum in aufsergriechischen Ländern Anhänger hatte. Aber es scheint, als wenn die Chaldäer sogar schon Versuche gemacht haben, die Gröfse der Erde zu bestimmen, denn es wird ebenfalls im Alterthum berichtet, sie hätten gelehrt, dafs man die Erde in einem Jahre umwandern könne. Diese Angabe ist gar nicht sehr unrichtig, denn um den Umfang der Erde von 5400 geogr. Meilen in einem Jahre zu durchwandern, mufs man die geographische Meile in 1 Stunde und 37 Minuten zurücklegen; allerdings ist dabei von Ruhepausen, wie häufig bei solchen Angaben, ebenso abgesehen, wie von Hindernissen, welche dem Wanderer in Gestalt von Meeren und Gebirgen in den Weg kommen können.

Bei den Griechen war die Lehre von der Kugelgestalt der Erde von der Zeit des Thales an sehr verbreitet, und Aristoteles spricht geradezu von einem Zusammenhange des äufsersten Indien mit der Gegend bei den Säulen des Herkules. Den Umfang der Erde giebt er „nach den Angaben der Mathematiker" zu 400,000 Stadien an, wir wissen aber nichts Genaueres darüber, woher diese Zahl stammt. Von seiner Zeit an finden wir aber wiederholte Versuche, die Gröfse der Erde durch Messung zu bestimmen. Archimedes schreibt in seiner Sandrechnung, man habe zu zeigen versucht, dafs die Erde 300,000 Stadien im Umfange habe, und diese Messung scheint dieselbe zu sein, von welcher Kleomedes berichtet, wenn er sagt „Denen, die in Lysimachia wohnen, steht der Kopf des Drachen über dem Scheitel, in Syene aber steht der Krebs im Zenith; der Raum zwischen dem Drachen und dem Krebs ist aber der fünfzehnte Theil des Meridians von Lysimachia und Syene, die 20,000 Stadien von einander entfernt sind; der ganze Umkreis enthält daher 300,000 Stadien." Das Prinzip, auf dem diese Bestimmung beruht, ist das der modernen Breitengradmessungen, wenn auch die Ausführung eine wesentlich ungenauere war. Gegeben ist der Breitenunterschied zweier Orte, von denen angenommen wird, dafs sie auf demselben Meridiane liegen; gegeben ist ferner ihre Entfernung von einander, also die Länge des Bogens, welcher diesem Breitenunterschiede entspricht, und somit giebt eine einfache Rechnung die Gröfse des Umfanges des ganzen Meridians. Auf demselben Prinzipe beruht die Bestimmung des Erdumfangs durch Eratosthenes, welcher folgende Betrachtung machte. In Syene befindet sich ein tiefer Brunnen, der am längsten Tage bis auf den Grund erleuchtet wird, woraus folgt, dafs dort die Sonne zur Zeit des Sommersolstitiums gerade im Zenith kulminirt. In Alexandria aber steht die Sonne an diesem Tage um Mittag um den 50sten Theil

des Kreisumfanges von dem Zenith ab; nun beträgt der Bogen des Meridians zwischen Syene und Alexandria 5000 Stadien, und folglich der ganze Umkreis des Meridians 250,000 Stadien. Auf demselben Prinzip beruhte auch die Bestimmung des Posidonius. Er sagte, in Rhodus erscheine der helle Stern Canopus zur Zeit seiner Kulmination eben über dem Horizonte. In Alexandria, welches südlich von Rhodus liegt, steht aber derselbe Stern um den 48sten Theil des Umfanges der Himmelskugel über dem Horizont. Die Entfernung beider Orte beträgt 5000 Stadien, und es folgt daraus der Erdumfang zu 240,000 Stadien.

Alle diese Bestimmungen waren von grofser Unsicherheit, hauptsächlich weil es an Mitteln fehlte, gröfsere Entfernungen zu messen, und dieselben nur ungefähr abgeschätzt werden konnten nach der Zeit, die ein Reisender gebrauchte, um von dem einen Orte zum andern zu gelangen. Bei der ersten Bestimmung der Gröfse der Erde, welche in der Folge stattfand, finden wir denn auch einen Versuch, in genauerer Weise eine Längenmessung auszuführen. Im Jahre 827 n. Chr. liefs der Kalif Almamun in der Ebene Sinjar bei Bagdad eine Gradmessung ausführen, indem er von einem Punkte aus nach Norden und Süden je eine gerade Linie so weit messen liefs, bis die Mittagshöhe der Sonne sich um einen Grad verändert hatte. Die Länge eines Grades fand sich im Mittel daraus zu $56^1/_3$ Arabischen Meilen. Als Längenmafs wurde ein Naturmafs benutzt, welches aber zu roh war, als dafs wir es mit einiger Genauigkeit wieder herstellen könnten. Die Arabische Meile sollte nämlich 4000 Ellen haben, die Elle 32 Zoll, der Zoll die Breite von 6 neben einander gelegten Gerstenkörnern, und ein Gerstenkorn die Breite von 6 Maulthierhaaren.

Die Unsicherheit über die Länge der bei solchen Messungen angewandten Mafsstäbe geht bis in sehr neue Zeit hinein, wenn sie auch allmählich ihrem Betrage nach geringer ward. Im Jahre 1525 mafs der französische Arzt Fernel einen Breitengrad zwischen Paris und einem Punkte in der Richtung nach Amiens, und mafs die Entfernung durch die Zahl der Umdrehungen eines Wagenrades; er fand die Länge eines Grades zu 57070 Toisen. Im Jahre 1615 führte Snellius in Holland eine Gradmessung aus, bei welcher zuerst die jetzt noch gebräuchliche Triangulationsmethode angewandt wurde, und bestimmte die Länge eines Grades zu 57033 Toisen. Was versteht man nun unter der Länge einer Toise?

In der Mauer eines alten Gebäudes in Paris, des Grand Châtelet, befand sich seit sehr alter Zeit eine eiserne Schiene mit zwei Vor-

sprüngen, zwischen denen ein Mafsstab hindurch geschoben werden konnte. Die Entfernung dieser beiden Vorsprünge von einander nannte man Toise und theilte sie in 6 Fufs. Da die Vorsprünge von Eisen waren, so rosteten sie; bisweilen wurden auch wohl etwas zu grofse Mafsstäbe zwischen sie hineingezwängt, wodurch sie verbogen wurden, und so wurde die Normaltoise allmählich zu lang. Im Jahre 1668 wollte man sie erneuern, aber wo wollte man die ursprüngliche Länge der Toise wiederfinden? Wie es heifst, fand man auf einem alten Grundrifs des Louvre, dafs die eine Eingangspforte desselben eine Länge von 12 Fufs habe; man nahm davon die Hälfte und stellte danach die Toise wieder her. Nach einer anderen Nachricht gab man dem neuen Etalon die Länge einer in früheren Zeiten angefertigten Copie; wie dem aber auch sei, so wird man doch immer im Zweifel darüber sein, welches die genaue Länge der bei den älteren Gradmessungen benutzten Toise gewesen ist. Bei dem neuen Etalon, dem man die Form des alten gab, wurden die Vorsprünge um 5 Linien einander näher gesetzt als bei dem alten, weil man annahm, dafs so viel der Fehler der alten Toise in der letzten Zeit betrug.

Den Anlafs zu dieser Erneuerung der Normaltoise gab eine Gradmessung, welche Picard im Jahre 1668 ausführen wollte. Er liefs sich eine Toise anfertigen, welche genau dem neuen Etalon entsprach, und mafs zum Zwecke seiner Gradmessung, die er in den Jahren 1669 und 1670 ausführte, eine Grundlinie auf der Landstrafse zwischen Villejuif und Juvisy, deren Länge sich im Mittel aus zwei gut übereinstimmenden Messungen zu 5663 Toisen ergab. Bei der Messung wurde nicht die Copie der Toise des Châtelet selbst benutzt, sondern, um diese möglichst zu schonen, 4 hölzerne Stangen von je 2 Toisen Länge, welche nach der genannten Copie genau etalonnirt waren. Picard beabsichtigte nun, um jederzeit die Länge der von ihm gemessenen Grundlinie verifiziren zu können, seine Copie des Modells vom Châtelet sorgfältig aufzubewahren, weil er nach den bisherigen Erfahrungen nicht erwarten konnte, dafs das Modell, welches jedermann zur Verfügung stand, für längere Zeit als unveränderlich angenommen werden konnte. Er kam aber noch auf eine andere Idee, von der er sich versprach, dafs durch sie jederzeit die Länge seines Mafsstabes wieder hergestellt werden könnte, wenn er durch irgend einen Zufall verloren gegangen sein sollte. Die von ihm angewandte Methode ist dieselbe, welche in dem jetzigen Jahrhundert vielfach für die Herstellung von Normalmafsen vorgeschlagen worden ist, und bestand in der Anwendung eines Naturmafses.

Er wollte nämlich die Länge des einfachen Sekundenpendels in Paris in Theilen seiner Toise ermitteln; war dann später die Toise selbst verloren gegangen, so brauchte man nach seiner Ansicht nur die Pendelbeobachtungen in Paris zu wiederholen, um die Länge seines Mafsstabes wieder herstellen zu können. Zu diesem Zwecke verfuhr er folgendermafsen:

Er hing eine kupferne Kugel von einem Zoll Durchmesser an einem Faden auf, welcher an seinem oberen Ende in eine Zange eingeklemmt war, und versetzte die Kugel in kleine Schwingungen. Der Faden wurde dann soweit verlängert oder verkürzt, bis die Schwingungszeit dieselbe Dauer erhielt, wie diejenige der Pendel zweier daneben gehängter Sekundenuhren, welche nach mittlerer Zeit regulirt waren. Als diese Schwingungszeit erreicht war, wurde mit einer Art von Stangenzirkel die Entfernung des Mittelpunktes der Kugel vom Ausgangspunkte gemessen, und fand sich zu 36 Zoll $8^1/_2$ Linien seines Mafsstabes.

Dies ist nun eigentlich nicht in aller Strenge die Länge des einfachen Sekundenpendels, sondern es sind an die gemessene Länge noch verschiedene Korrektionen anzubringen, von denen Picard aber absah. Er glaubte durch die angestellte Beobachtung die Länge seines Mafsstabes mit genügender Schärfe fixirt zu haben; um aber noch ein Uebriges zu thun, verfertigte er eine Stange von genau der gefundenen Länge des Sekundenpendels, und deponirte diese Stange sowohl wie seine Toise auf dem Pariser Observatorium.

Picard schlofs zunächst an seine gemessene Grundlinie einige Dreiecke, gewann aber noch den Minister Colbert für den Plan, die Gradmessung durch ganz Frankreich fortzuführen. Im Sommer 1683 vermafs der ältere Cassini eine Dreieckskette bis zu 140,000 Toisen südlich von Paris, im Jahre 1700 wurde die Messung bis zu den Pyrenäen und im Jahre 1718 nördlich von Paris bis zu dem Kanal ausgeführt.

Bekanntlich ergab sich bei diesen Messungen der Meridiangrad für den südlichen Theil von Frankreich gröfser, als für den nördlichen, wonach es schien, als wenn die Erde nicht nach den Polen hin abgeplattet, sondern verlängert sei. Indessen war die Pariser Akademie der richtigen Ansicht, dafs die gemessenen Längen zu klein seien, um über die wahre Figur der Erde nach ihren Resultaten entscheiden zu können, und beschlofs daher, noch eine Gradmessung in der Nähe des Aequators ausführen zu lassen.

Es wurde daher eine Expedition ausgerüstet, welche sich nach

dem Plateau von Quito, welches damals zu Peru gerechnet wurde, begeben sollte. Auch dort mufste natürlich aufser Polhöhenbestimmungen eine Längenmessung ausgeführt werden, und es lag nahe, der Expedition eine genaue Kopie der Picardschen Toise mitzugeben. Leider zeigte es sich, dafs diese Toise sowohl, wie der von Picard angefertigte Stab von der Länge des einfachen Sekundenpendels verloren gegangen war, und da die Picardsche Pendelmessung, wie sich zeigte, zu roh war, um nach ihr seine Toise wieder herzustellen, so war man darauf angewiesen, wieder eine Copie des Modells vom Chatelet abzunehmen, von dem man aber gar nicht wissen konnte, ob es sich nicht inzwischen wieder verändert habe.

Um nun nicht später wieder in eine ähnliche üble Lage zu kommen, beschlofs man vorsichtiger zu verfahren. Es wurden gleichzeitig zwei Kopien der Toise des Chatelet angefertigt, von denen die eine der Expedition mitgegeben, die andere dagegen in Paris deponirt bleiben sollte. Es schwebte aber ein merkwürdiges Verhängnifs über diesen Toisen. Bald nachdem die Expedition nach dem Aequator abgegangen war, stellte nämlich der Akademiker Maupertuis dem Minister de Maurepas vor, dafs ein ganz besonders zuverlässiges Resultat über die Gröfse und Figur der Erde erlangt werden könne, wenn noch eine dritte Gradmessung in einer möglichst nördlichen Breite, etwa in Lappland ausgeführt werde, und erhielt die Mittel zur Ausführung einer solchen. Es wäre nun natürlich gewesen, eine neue Kopie der in Paris deponirten Toise anzufertigen, und diese der neuen Expedition mitzugeben. Dies geschah aber nicht, sondern leichtsinniger Weise nahm Maupertuis die Toise selbst mit. Allerdings blieb in Paris noch eine Toise zurück, welche sich im Privatbesitze des Akademikers Mairan befand und ungefähr gleichzeitig mit den vorhin erwähnten beiden Toisen angefertigt war, aber eine genaue Vergleichung dieser Toise mit den beiden andern war, wie sich später herausstellte, nicht ausgeführt worden. Die nach Quito mitgenommene Toise ward von dieser Zeit an mit dem Namen der Toise du Pérou, die nach Lappland mitgenommene mit dem Namen Toise du Nord bezeichnet.

Unter unsäglichen Schwierigkeiten gelang es Maupertuis, auf dem Eise des Torneåflusses eine Grundlinie zu messen, und eine Gradmessung in Lappland auszuführen. Auf der Rückreise erlitt aber das Schiff im Bottnischen Meerbusen Havarie; die Instrumente wurden zwar gerettet, aber die Toise du Nord war durch die Berührung mit dem Seewasser gerostet. Sie wurde, so gut es anging, gereinigt,

indessen war die eine Endfläche derartig vom Rost angefressen, dass man sich veranlafst sah, die Toise an dem einen Ende zu verkürzen, und ein neues Ansatzstück daran mit einer Schraube zu befestigen. Welcher Vorsichtsmafsregeln man sich bedient hat, um die ursprüngliche Länge der Toise wieder herzustellen, darüber ist gar nichts bekannt.

Am 13. November 1737 berichtete der inzwischen wieder in Paris angelangte Maupertuis, dafs aus der lappländischen Gradmessung, in Verbindung mit der in Frankreich ausgeführten, eine deutliche Abplattung der Erde hervorginge. Es folgte daraus, dafs in der französischen Gradmessung, welche für sich allein das Gegentheil ergeben hatte, Ungenauigkeiten vorhanden waren, und um sich von diesen frei zu machen, beschlofs die Akademie, die Messungen in Frankreich zu wiederholen.

Zu diesem Zwecke wurde eine neue Grundlinie bei Bourges gemessen, und als Mafsstab eine bisher noch nicht erwähnte, die sogenannte Cassinische Toise benutzt, welche zu einer unbekannten Zeit nach dem Modell des Chatelet angefertigt war; es möge hier aber gleich bemerkt werden, dafs diese Toise, wie aus späteren Messungen hervorgeht, sehr nahe dieselbe Länge gehabt haben mufs, wie die Toise du Nord in ihrem neuen Zustande.

Nun wurde eine merkwürdige Entdeckung gemacht. Die Endpunkte der bei Bourges gemessenen Grundlinie wurden mit dem Picardschen Dreiecksnetze verbunden, aus dem ebenfalls die Länge der Grundlinie abgeleitet werden konnte, und da fand sich eine sehr merkliche Abweichung dieser beiden Bestimmungen. Wir wollen hier nicht auseinandersetzen, zu welchen weiteren Untersuchungen diese Bemerkung führte, und nur hinzufügen, dafs sämmtliche Messungen, die man an dem Picardschen Dreiecksnetze wiederholte, zu dem Resultate führten, dafs die von ihm benutzte Toise um fast eine Pariser Linie kürzer gewesen war, als die neueren Toisen, und dafs demnach das Modell des Chatelet im Laufe der Zeit wieder merklich gröfser geworden war.

Es kam jetzt zunächst darauf an, die 3 Gradmessungen auf dieselbe Mafseinheit zu reduziren. Man konnte nunmehr berechnen, wie grofs der Meridiangrad in Frankreich in Vielfachen der Toise du Nord in ihrem neuen Zustande war; die Lappländische Gradmessung bezog sich auf die Toise du Nord in ihrem alten Zustande, und die Gradmessung am Aequator war mit Hilfe der Toise du Pérou ausgeführt.

Diese letztgenannte Toise war lange Zeit in Amerika geblieben und nach Ausführung der Gradmessung von La Condamine zu

Pendelbeobachtungen an verschiedenen Orten benutzt worden. Im Jahre 1748 wurden die zur Gradmessung benutzten Instrumente, unter ihnen die Toise, nach Europa geschickt, und in den Räumen der Akademie untergebracht. Später gelangte die Toise nach dem Jardin des Plantes und gerieth längere Zeit vollständig in Vergessenheit. Erst 4 Jahre später, im Jahre 1752, wurde sie von La Condamine wieder aufgefunden.

Im Jahre 1756 wurden die drei, vor dem Abgange der Peruanischen Expedition angefertigten Toisen, die Toise du Pérou, die Toise du Nord, und die früher erwähnte Mairansche Toise nach den Räumen der Akademie gebracht. Man erwartete, sie alle drei von sehr nahe derselben Länge zu finden, und war im höchsten Grade überrascht, als sich zeigte, dafs sie sämmtlich von verschiedener Länge waren; die Toise du Pérou war um ungefähr $^1/_9$ Pariser Linie länger als die Mairansche Toise, während die Toise du Nord kürzer als die Toise du Pérou und länger als die Mairansche Toise war. Es wurde nunmehr aber festgestellt, dafs höchstwahrscheinlich eine Vergleichung der Mairanschen Toise mit den beiden andern in früheren Zeiten überhaupt gar nicht stattgefunden hatte, und dafs sie vom Anfang an von verschiedener Länge gewesen waren. Da nun die Peruanische Toise zu einer sehr wichtigen Vermessung benutzt worden und anscheinend inzwischen intakt geblieben war, so wurde beschlossen, sie von jetzt an als das Normalmafs der Toise anzusehen. Es wurden 80 Kopien davon hergestellt und an verschiedene Behörden übersandt, aufserdem waren Kopien käuflich zu haben. Von allen diesen im vorigen Jahrhundert angefertigten Kopien scheinen nur noch zwei zu existiren, von denen die eine sich in Frankreich und die zweite auf dem Physikalischen Institut der Universität zu Kiel befindet.

Wir übergehen jetzt einen Zeitraum von mehreren Dezennien und kommen zu der Zeit der ersten Französischen Republik. In dieser Zeit wurde bekanntlich beschlossen, in Frankreich als Mafseinheit ein Naturmafs einzuführen, und zwar den zehnmillionsten Theil des Meridian-Erdquadranten. Man hätte zwar hierzu die Resultate der bereits ausgeführten Gradmessungen benutzen können, deren eine grofse Anzahl vorlag. Denn aufser den schon erwähnten Gradmessungen waren solche von der Mitte des vorigen Jahrhunderts an beim Kap der guten Hoffnung von Lacaille, bei Rom von Le Maire und Boscowich, in Oesterreich von Liesganig, bei Turin von Beccaria, in Aegypten von Nouet, in Pennsylvanien von Mason und Dixon, und in Ostindien von Burrow ausgeführt worden,

aber gegen alle diese Messungen lagen erhebliche Bedenken vor, einmal wegen der Unsicherheit über die Länge der benutzten Mafsstäbe, die überall noch weit gröfser war als bei den erwähnten französischen Gradmessungen, anderseits aber wegen der Mangelhaftigkeit der ausgeführten Messungen. Deshalb wurde im Jahre 1792 von der Pariser Nationalversammlung die Ausführung einer neuen Gradmessung beschlossen und den Akademikern Méchain und Delambre übertragen. Die Messung sollte den Bogen von Barcelona bis Dünkirchen umfassen; sie wurde später von Biot und Arago südlich bis zur Insel Formentera, einer der Pithyusen, fortgesetzt. Im Jahre 1806 wurde die Messung vollendet; der gemessene Meridianbogen hatte eine Länge von 12 ½ Grad. Als Normalmafstab bei den Längenmessungen wurde die Toise du Pérou benutzt, d. h. es sollte durch die Gradmessung ermittelt werden, wie grofs der zehnmillionste Theil des Erdquadranten, in Vielfachen der Toise du Pérou sei, um hiernach die neue Mafseinheit herstellen zu können. Da der Nationalkonvent auf eine schleunige Einführung des neuen Mafses hindrängte, so wurde zunächst ein vorläufiges Resultat abgeleitet, und zwar wurde das sogenannte Mètre provisoire eingeführt, dessen Länge 443,44 Linien der Toise du Pérou betrug, während die ganze Toise in 864 Linien eingetheilt war. Eine genauere Berechnung der Gradmessung ergab, dafs das eingeführte Meter zu lang war, der zehnmillionste Theil des Meridianquadranten ergab sich zu 443,295936 Linien der Toise du Pérou, wenn diese eine Temperatur von 13⁰ Réaumur hatte. Um nun nicht mit zu vielen Dezimalstellen zu thun zu haben, rundete man die Länge des Meters auf 443,296 Linien ab; es mag hier aber gleich bemerkt werden, dafs dieser Werth für den zehnmillionsten Theil des durch Paris gehenden Meridians nach neueren Messungen um ungefähr $^1/_{25}$ Pariser Linie zu kurz ist.

Der eigentliche Normalmafsstab blieb also die Toise du Pérou, nur wurde als Längeneinheit nicht ihre ganze Länge, sondern ein bestimmter Theil von ihr angenommen, und man hat denn auch im Auslande, wenn man die dort angestellten Messungen mit den in Frankreich gemachten vergleichen wollte, nicht Kopien der in Frankreich am Anfange dieses Jahrhunderts angefertigten Metermafsstäbe, sondern immer Kopien der Toise du Pérou anfertigen lassen. Ein sehr schwerwiegender Fehler lag indessen darin, dafs als Normalmafsstab dieser vor mehr als 70 Jahren und gar nicht einmal mit besonders grofser Sorgfalt angefertigte, auch bereits zu vielen Messungen benutzte und dadurch theilweise abgenutzte Mafsstab gewählt wurde.

Denn seine Endflächen waren weder vollkommen eben, noch unter sich parallel, und die Folge davon war, dafs die verschiedenen nach ihm angefertigten Kopien, welche nach den ausgestellten Certificaten genau die Länge der Peruanischen Toise haben sollten, unter sich sehr merkliche Differenzen zeigten. So liefs z. B. der Astronom Schumacher sich für die Altonaer Sternwarte in den Jahren 1819 und 1821 zwei Toisen aus Paris kommen, von denen bescheinigt war, dafs sie genau gleich der Toise du Pérou waren, während die in Altona angestellten Vergleichungen ergaben, dafs sie in der Länge um 0,06 Pariser Linien unter einander differirten. Deswegen ist man in weiten Kreisen nach Bessels Vorgange dahin gekommen, eine ideale Länge für diejenige der Toise du Pérou anzunehmen, nämlich sie um 0,0008 Pariser Linien länger anzunehmen, als die auf der Sternwarte in Königsberg befindliche, im Jahre 1823 angefertigte Kopie, gemäfs einem Certificat, welches in demselben Jahre von Arago und Zahrtmann ausgestellt worden ist.

Ein Nachtheil dieser Kopie sowohl, als auch vieler anderen in früherer Zeit angefertigten Mafsstäbe besteht nun darin, dafs sie aus einem wenig zweckmäfsigen Material gefertigt ist. Sie besteht nämlich aus weichem Eisen und ist daher der Gefahr des Verbiegens und des Rostens ausgesetzt. Infolge der grofsen Ausdehnung der Gradmessungsarbeiten in den verschiedenen Ländern wurde es zu einem unabweislichen Bedürfnifs, eine Einigung bezüglich der anzuwendenden Mafseinheiten zu erzielen. Bekanntlich ist seit einer Reihe von Jahren ein internationales Comité mit den Vorarbeiten für die Herstellung genauer Kopien eines in Paris angefertigten und dort aufbewahrten Normalmeters beschäftigt, welche an die Geodätischen Institute der bei der internationalen Erdmessung betheiligten Staaten vertheilt werden sollen; diese Mafse werden aus einem sehr haltbaren Metall, nämlich aus einer Legirung von Platina und Jridium hergestellt.

Wir haben uns hierbei so lange aufgehalten, weil es natürlich von grofser Wichtigkeit für die Bestimmung der Figur der Erde ist, dafs bei der Berechnung aller zusammengehörigen Messungen dieselbe Mafseinheit zu Grunde gelegt wird, und wollen jetzt dazu übergehen, in kurzem zu zeigen, welche Arbeiten seit dem Anfange des jetzigen Jahrhunderts zum Zwecke der Bestimmung der Figur der Erde ausgeführt sind.

In England war schon im Jahre 1783 eine Gradmessung von dem General Roy begonnen, welche in den Jahren 1800—1802 fortgesetzt wurde und sich von der Insel Wight bis nach den Shetlands-

Inseln erstreckte; ihre Ausdehnung beträgt ungefähr 11 Grad. In Schweden wurde die von Maupertuis ausgeführte Gradmessung in den Jahren 1801 bis 1803 wiederholt und nach Norden hin weiter ausgedehnt. Die Ostindische Compagnie liefs in den Jahren 1802—1823 vom Oberst Lambton eine Gradmessung ausführen, welche später von Everest fortgesetzt wurde. Der gemessene Meridianbogen hat eine Länge von $21^1/_3$ Grad; er erstreckt sich vom Cap Comorin bis zum Himalaya-Gebirge. Gaufs führte in Hannover eine Vermessung aus, an welche sich die Dänische Gradmessung anschlofs, die nach Jütland und über die Dänischen Inseln fortgeführt wurde. Bessel vermafs in Ostpreufsen einen Meridianbogen zwischen Memel und Truntz, und seine Dreiecke wurden in Verbindung gebracht mit einer in Rufsland und Schweden ausgeführten grofsen Gradmessung, die sich von der Mündung der Donau bis Hammerfest erstreckte; und im Jahre 1848 führte Maclear eine neue Gradmessung im südlichen Afrika aus.

Einen besonders grofsen Aufschwung nahmen die Gradmessungsarbeiten seit dem Jahre 1861. Infolge einer in diesem Jahre von dem General Baeyer gegebenen Anregung haben sich fast sämmtliche europäische Staaten zu einer grofsartigen Gradmessungsarbeit vereinigt, von welcher man behaupten kann, dafs sie, sowohl was die zu ihrer Ausführung verwandte und noch zu verwendende Arbeitskraft, als auch die Kosten der Ausführung betrifft, das gröfste wissenschaftliche Unternehmen aller Zeiten darstellt. Betrachten wir jetzt eine Karte, in welcher alle bisher gemessenen Dreiecke eingetragen sind, so finden wir, dafs ganz Europa, mit alleiniger Ausnahme von der Türkei, Griechenland und Bulgarien, in den Bereich der Gradmessung gezogen ist. An zwei Stellen gehen aber die gemessenen Dreiecke schon über die Grenzen von Europa hinaus; von der spanischen und westsizilischen Küste ist bereits mit Hülfe aufserordentlich grofser Dreiecke nach Afrika hinübertriangulirt. Auf so grofse Entfernungen noch ein Signal zu erkennen, ist nur möglich durch die Gaufssche Erfindung des Heliotrops, welches in einem Spiegel besteht, durch den die Sonnenstrahlen von dem einzustellenden Punkte aus nach dem Beobachter hin reflektirt werden. Der nördlichste Punkt des bis jetzt vermessenen Dreiecksnetzes liegt in 71° nördlicher Breite in der Nähe von Hammerfest, der südlichste in 33° nördlicher Breite, 2° südlich von Constantine, der westlichste in Valentia in Irland, 11° westlich von Greenwich, und der östlichste in Orsk an der Grenze des europäischen und asiatischen Rufslands, 58°

östlich von Greenwich. Die Messung umfafst demnach einen Bogen von 38⁰ in der Breite und 69⁰ in der Länge.

Man könnte nun fragen, ob nicht aus Messungen von weit geringerer Ausdehnung mit hinreichender Genauigkeit die Gröfse und Abplattung der Erde gefunden werden könnte? Dies würde sicherlich möglich sein, wenn die Erde, wie Newton annahm, ein vollkommenes Rotationsellipsoid wäre, aber es hat sich bereits seit langer Zeit herausgestellt, dafs sie eine solche regelmäfsige Gestalt nicht in aller Strenge hat. Selbstverständlich ist hier nicht die Rede von denjenigen Unebenheiten der Erdoberfläche, welche in Bergen und Thälern bestehen, sondern, wenn wir uns die ganze Erdoberfläche von Kanälen durchzogen denken, welche alle unter sich und mit dem Meere in Verbindung sind, so würde die mittlere Oberfläche der so zusammenhängenden Wassermasse, wenn wir also absehen von temporären Aenderungen ihrer Höhe, wie sie z. B. durch die Ebbe und Fluth bewirkt werden, nicht als Theil der Oberfläche eines Rotationsellipsoides angesehen werden können. Dies ist allerdings, wenn auch nicht ausschliefslich, so doch zum Theil eine Folge der Gebirgsmassen, welche sich auf der Erdoberfläche befinden. Stellen wir uns z. B. zwei Kanäle vor, einen unmittelbar nördlich und einen anderen unmittelbar südlich von der grofsen Pyramide des Cheops gezogen, so läfst sich berechnen, dafs die Richtung der Normale gegen die Wasseroberfläche in diesen beiden Kanälen nicht nur um denjenigen Betrag differiren würde, welcher der mittleren Krümmung der Erdoberfläche in jener Gegend entspricht, sondern um einen weiteren Betrag, welcher durch die Anziehung der Pyramide bewirkt wird, und der zwar sehr klein, aber immerhin noch so grofs ist, dafs er sich durch genaue Messungen würde nachweisen lassen. Einen weit gröfseren Einflufs auf die Lage der Oberfläche des Wassers, und somit auf die Richtung der Lothlinie, welche immer senkrecht gegen die Oberfläche des ruhenden Wassers ist, haben offenbar die Anziehungen grofser Gebirgsmassen, und sie lassen sich sehr deutlich in der Nähe der Alpen, des Harzes und anderer Gebirge nachweisen. Aber merkwürdiger Weise hat sich eine solche Ablenkung der Lothlinie in der Nähe des Himalayagebirges nicht in dem erwarteten Mafse gezeigt, andererseits aber bisweilen in überraschender Gröfse in ganz flachen Gegenden, z. B. in der Nähe von Moskau, im nordwestlichen Deutschland und an anderen Orten. Dafs damit unter Umständen praktische Uebelstände verbunden sind, mag an einem Beispiele gezeigt werden. Die nautischen Karten der deutschen Küsten beruhen auf Vermessungen, welche mit grofser

Sorgfalt von der trigonometrischen Abtheilung des Generalstabes ausgeführt worden sind. Es ist dabei ausgegangen von der Länge und Breite der Berliner Sternwarte, die mit grofser Genauigkeit bestimmt ist, und man hat in dem bis an die Küste reichenden Dreiecksnetze die Länge und Breite eines jeden Dreieckspunktes aus der gemessenen Entfernung und Richtung von Berlin berechnet. Hierbei ist die Figur der Erde, d. h. ihre Abplattung so angenommen, wie sie von Bessel aus zahlreichen Gradmessungen im Mittel gefunden worden ist. Da aber im nordwestlichen Deutschland eine starke Lothablenkung stattfindet, so sind zum Theil die Längen und Breiten, wie sie in den nautischen Karten unserer Küstengegenden angegeben sind, um sehr merkliche Beträge abweichend von solchen Bestimmungen, wie sie astronomische Beobachtungen ergeben würden; so z. B. beträgt der Fehler der in den Karten der Kieler Föhrde gegebenen geographischen Breiten beinahe 8 Bogensekunden oder 800 Fufs. Trotzdem hat man die alten Bestimmungen in den Karten bisher nicht verändert, weil die wahre Figur der Erdoberfläche in jenen Gegenden noch nicht mit völliger Sicherheit bekannt ist. Es geht also aus dem Obigen hervor, dafs die Gradmessungen nicht nur eine theoretische, sondern zum Theil eine praktisch sehr wichtige Bedeutung haben. Die Ursache der beträchtlichen Lothablenkungen in flachen Gegenden kann aber nur in Ungleichheiten der mittleren Dichtigkeiten der unteren Erdschichten liegen.

Wir wenden uns jetzt zu einer zweiten Methode, welche man zur Bestimmung der Figur der Erde angewendet hat, nämlich zu den Pendelbeobachtungen. Da die Intensität der Schwere für irgend einen Beobachtungsort abhängig ist von der Entfernung des Ortes vom Mittelpunkt der Erde, so kann man, unter der Voraussetzung, dafs die Erde ein vollkommenes Rotationsellipsoid ist, aus Schwerebestimmungen an zwei Orten von verschiedener geographischer Breite die Gröfse der Erdabplattung bestimmen. Schon im vorigen Jahrhundert wurden deswegen zahlreiche Pendelbeobachtungen ausgeführt, dieselben waren aber noch so ungenau, dafs sie eine wissenschaftliche Verwerthung nicht gefunden haben. Die ersten brauchbaren Pendelbeobachtungen wurden im Jahre 1819 von dem Kapitän Kater mit einem sogenannten unveränderlichen Pendel ausgeführt. Derselbe bestimmte die Zahl der Schwingungen, welche sein Pendel in London während 24 Stunden machte. Darauf liefs er das Pendel an einigen anderen Orten in England schwingen, und zuletzt wieder in London. Er ermittelte demnach nicht die absolute Länge des Sekundenpendels, sondern den

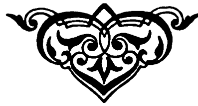
Unterschied desselben in London und an anderen Orten. Auf ähnliche Weise wurden Beobachtungen von Goldingham in London, Madras, und an der Westküste von Sumatra in den Jahren 1820—21 angestellt; — dann von Hall und Foster in London, Galapagos, San Blas de Kalifornia und Rio de Janeiro in den Jahren 1820—23; von Brisbane 1822 in London und Paramatta; von Sabine in London, St. Thomas, Maranham, Ascension, Sierra Leone, Trinidad, Bahia, Jamaica, New-York, ferner nach der Rückkehr nach London auf den nördlichen Stationen Drontheim, Hammerfest, auf Grönland und Spitzbergen, in den Jahren 1821—24; dann von Foster 1824—25 in Greenwich und Fort Bowen; von Fallows 1825—28 in London und am Kap d. g. H.; von Sabine 1827 in Paris und London; von demselben 1828—29 in Greenwich, London und Altona; von Foster 1828—31 in London, Greenwich, Para, Maranham, Fernando do Noronha, Ascension, Porto-Bello, Trinidad, St. Helena, Kap d. g. H., Montevideo, Staten Island, Kap Horn und auf den Süd-Shetland-Inseln; — von Lütke auf den Karolinen-Inseln, Ladronen-Inseln, St. Helena, der Bonin-Insel, in Valparaiso, Greenwich, Petropawlowsk, Sitka, Petersburg und Kandalask; von Parrot 1829—33 auf dem Ararat, in Tiflis und Dorpat; von Freycinet 1817—20 in Rawak, Guam, Isle de France, auf den Sandwich-Inseln, Rio de Janeiro, Port Jackson, am Kap d. g. H. und in Paris; von Duperrey 1822—25 auf den Falkland-Inseln, auf Ascension, Isle de France, Port Jackson, Toulon und Paris.

Dann folgte eine Periode, in der man von relativen zu absoluten Bestimmungen der Pendellänge übergegangen ist. Es wurden Pendel mit reciproken Axen hergestellt, welche, zunächst noch von unsymmetrischer Form, so konstruirt wurden, dafs jede der Drehungsaxen durch den Schwingungspunkt des Pendels hindurchging, wenn es an der andern Axe aufgehängt wurde. Die Messung der Entfernung der beiden Schneiden von einander ergab dann die Länge des einfachen Pendels von der gleichen Schwingungszeit. Diese Pendel wurden von Bessel dadurch bedeutend verbessert, dafs er ihnen eine symmetrische Form gab, wodurch der wesentliche Vortheil entstand, dafs der Einflufs der umgebenden Luft aus dem Resultate der Messung fast vollständig verschwand. Bessel benutzte selbst eine andere Konstruktion eines Pendels für absolute Bestimmungen, welches so eingerichtet war, dafs mit ihm nicht die Länge des Pendels selbst, sondern die Differenz in der Schwingungszeit zweier Pendel gemessen wurde, deren Länge so nahe um eine Toise verschieden

war, dafs der kleine Unterschied mit Hülfe einer Mikrometervorrichtung gemessen werden konnte. Dieses letztere Pendel hat nur zu wenigen Bestimmungen gedient, weil es so lang ist, dafs es nicht viele passende Lokale giebt, wo es aufgestellt werden kann. Bessel beobachtete damit in Königsberg und Berlin, Schumacher auf dem Schlosse Güldenstein im östlichen Holstein, später sind die Beobachtungen in Königsberg und Güldenstein von dem Verfasser dieses Aufsatzes wiederholt worden.

Weit mehr Anwendung hat das Reversionspendel gefunden, besonders in den letzten Jahrzehnten, seit die Ausführung von Pendelbeobachtungen an möglichst vielen Stationen in den Plan der Gradmessungsarbeiten aufgenommen ist. Es hat sich aber gezeigt, was schon aus Bessels Beobachtungen am Fadenpendel hervorging, dafs diese Beobachtungen zu den allerschwierigsten der praktischen Geodäsie gehören. Viele der älteren Pendelmessungen sind unzweifelhaft ebenso, wie die älteren Gradmessungen, mit Fehlern behaftet, welche auf einer unrichtigen Annahme über die Länge der benutzten Mafsstäbe beruhen. Eine andere sehr gefährliche Fehlerquelle, an die früher wohl von den wenigsten Beobachtern gedacht ist, entsteht dann, wenn das Stativ, an dem das schwingende Pendel aufgehängt ist, auch nur in äufserst geringem Mafsstabe in Mitschwingungen geräth. Es ist eine lange bekannte Thatsache, dafs zwei Pendeluhren, welche neben einander an eine Wand gehängt werden, durch das Mitschwingen der Wand das Bestreben erhalten, den gleichen Gang anzunehmen. In wie weit sich die älteren Beobachter von dieser Fehlerquelle unabhängig gemacht haben, ist nachträglich gar nicht zu ermitteln, und noch vor zwanzig Jahren sind in Deutschland Pendelbeobachtungen ausgeführt worden, welche infolge des Mitschwingens des Stativs sehr fehlerhafte Resultate ergeben haben. Wenn nun aus den Resultaten der älteren Pendelbeobachtungen auf starke Depressionen der Oberfläche des Meeres in gröfserer Entfernung von der Küste geschlossen ist, sowie auf grofse Erhebungen derselben in der Nähe der Küsten, so beruhen diese Schlüsse zum Theil gewifs auf einer Ueberschätzung der Zuverlässigkeit der benutzten Beobachtungen. Ebenso wie die Gradmessungen in Europa jetzt völlig von neuem ausgeführt werden, so sollte man auch die Pendelbeobachtungen an möglichst vielen Orten der Erde von neuem mit zuverlässigen Apparaten und unter Berücksichtigung der jetzt als nothwendig erkannten Vorsichtsmafsregeln wiederholen, um eine Bestimmung der wahren Figur unseres Planeten zu erhalten, die bis jetzt weder aus den vorliegenden Gradmessungen,

noch aus den Pendelbeobachtungen mit Genauigkeit abgeleitet werden kann. Soviel ist gewifs, dafs dieselbe nicht in erheblichem Mafse von der eines Rotationsellipsoides abweicht; aber die auf verschiedenen Wegen abgeleiteten Dimensionen desjenigen Rotationsellipsoides, welches sich der äufseren Figur der Erdoberfläche am meisten anschliefst, zeigen immer noch eine wenig befriedigende Uebereinstimmung. Die Frage nach der wahren Figur der Erde hängt mit vielen anderen wissenschaftlichen Fragen, namentlich auf astronomischem Gebiete, eng zusammen; die Gröfse des jährlichen Vorrückens der Tag- und Nachtgleichenpunkte, der Betrag der Nutation der Erdaxe, ja selbst die Bewegung des Mondes werden von der Form der Erde beeinflufst, und die Anstrengungen, welche auf dem Gebiete der Geodäsie behufs der Bestimmung der Figur der Erde gemacht werden, können daher von den Astronomen nur mit Freude begrüfst werden.





Das Ende des Zeitalters der Alchemie und der Beginn der iatrochemischen Periode.

Von Dr. W. Luzi in Leipzig.

(Schlufs.)

Theophrastus Bombast von Hohenheim oder Theophrastus Paracelsus, auch kurz „Paracelsus" genannt, war dazu berufen, die Medizin und die Chemie umzugestalten.

Paracelsus wurde im Jahre 1493 zu Einsiedeln in der Schweiz geboren. Sein Vater Wilhelm Bombast von Hohenheim, ein in der Chemie, Medizin und Metallurgie wohlerfahrener Mann, hat den ersten Unterricht seines Sohnes geleitet. Paracelsus hat jedenfalls mehrere Universitäten besucht, obgleich sich mit Sicherheit bis jetzt nicht hat nachweisen lassen, welche Hochschulen dies gewesen sind. Irgendwo und irgendwann hat er auch die medizinische Doktorwürde erworben; man kennt jedoch weder den Ort noch die Zeit seiner Promotion. Er hat auch, um Erfahrungen zu sammeln, weite Reisen unternommen und sich an Feldzügen betheiligt. So hat er Italien, Deutschland, Spanien, Frankreich, England, Dänemark, Schweden, Littauen, Polen, Ungarn, die Wallachei und Croatien durchstreift, überall medizinische, und in Bergwerksgegenden chemische und metallurgische Kenntnisse sammelnd. Nach Deutschland zurückgekehrt, wurde er im Jahre 1526 als Stadtarzt nach Basel berufen, nebenbei war er Professor der Medizin und Chirurgie an der dortigen Universität. Wegen seiner neuen reformatorischen Lehren, wegen der damals unerhörten Kühnheit, die Vorlesungen in deutscher Sprache zu halten und so das höhere Wissen jedem zugänglich zu machen, gerieth er mit der Fakultät, und wegen einer Honorarstreitigkeit schliefslich auch noch mit dem Magistrat in Streit und sah sich genöthigt, aus der Stadt zu fliehen. Es begann für ihn nun wiederum ein ruheloses Leben: zunächst ging er nach dem Elsafs, dann nach Bayern, nach Oesterreich und der Schweiz, sich an keinem Orte lange aufhaltend, bis er im Jahre 1541 in Salzburg starb.

Das ist in kurzen Zügen das Leben des grofsen Reformators. Alle Verunglimpfungen, welchen er von Seiten seiner Gegner ausgesetzt gewesen ist, und welche sich wie ein rother Faden durch die Paracelsus-Biographien ziehen, wie z. B., dafs er ein mafsloser Trunkenbold, ein Betrüger, indem er den Leuten mit Wahrsagen, Geister citiren etc. Geld aus der Tasche gelockt habe, ein Ignorant und Charlatan gewesen sein soll, alle diese Beschuldigungen erwiesen sich nach den neuesten Paracelsus-Forschungen als grundlos. Allerdings tritt er absichtlich mit einer gewissen Derbheit auf und kleidet die Angriffe gegen die herrschende alte Schule oft in drastische Worte. So sagt er z. B. in seiner „Vorred vber das Buch



Fig. 1. **Theophrastus Paracelsus.**
Nach einem Holzschnitt, welcher der Sammlung seiner Werke aus dem Jahre 1605 vorgedruckt ist.

Paragranum“: „Ich sage euch, mein Gauchhaar im Gnick weifs mehr dann jhr vnd all ewere Scribenten: Vnd meine Schuchrincken seind gelehrter, dann euwer Galenus und Avicenna: Vnnd mein Bart hat mehr erfahren, dann alle ewere Hohe Schulen.“ Und an gleicher Stelle schreibt er: „Wie gefelt euch der Waldesel von Eynsidlen? Brecht herfür. Was steckt in euch? Könnet jhr Disputieren? Warumb fahet jhrs nicht an? Die Disputatz wirdt euch darzu bringen, dafs jhr müfst rechnung geben vmb ewere krancken vnnd des Weltlichen Gerichts vrtheil empfahen.“

Allein dieses zuweilen heftige und grobe Wesen hat, wie er selbst sagt, seinen Grund in seiner Herkunft, seiner Armuth, seinem Wanderleben, und vor allem in den heftigen, mafslosen und oft niederträchtigen Angriffen seiner verbissenen Gegner. Andererseits

war er unzweifelhaft von gröfster Uneigennützigkeit und Güte, woraus seine fortwährende Armuth entsprang, und sein hohes Streben war stets darauf gerichtet, der leidenden Menschheit so nützlich wie möglich zu werden. Ein Schreiben, welches einem seiner Hauptwerke, nämlich der „grofsen Wundartzney" vorgedruckt ist, und welches „Wolffgang Thalhau, Stadt Artz der löblichen Stadt Augspurg" gewidmet ist, beginnt er wie folgt: „Drey ding seind, die mich hie zu schreiben, vnd ein Buch der Wundartzney zu setzen verursachen —. Das Erste ist, dafs die Bücher der Alten, so vor vns gewesen, wie viel noch an tag sind kommen, gar mit einem so vnvollkommenen Grund gestellet, also. Dafs einicherley rechte vertröstung des Vermögens halben der Natur bey jhnen nicht gefunden mag werden. Das Ander ist der vnbillich verderblich Schaden, so durch Vngeschicklichkeit vnd Mifsverstandt der vermeinten Wundartzte den Krancken schadhafften wird zugefüget. Das Dritt betrifft den Zufall, so bei den Verwundten sich zutregt, als Zufall mir zum höchsten zu bedencken, so auch allein der gröste Schatz dieser Kunst ist, weder bey den Alten noch Newen je gedacht worden." Eine Stelle der grofsen Wundartzney lautet: „Diweil ich der Krancken Nutz je vnd je betracht vnd gesucht hab, jhnen trewlichen zu dienen, auff das gewissest gegen Gott vnd dem Menschen —". Den Beruf des Arztes hielt er für den wichtigsten und edelsten.

Was nun die medizinisch-chemischen Ansichten des Paracelsus betrifft, so sei darüber folgendes bemerkt. Er nahm als Elemente aller Körper, auch der organischen, also auch des menschlichen Körpers, Quecksilber, Schwefel und Salz (welche Stoffe jedoch nicht mit dem gewöhnlichen Quecksilber, Schwefel und Salz identisch sind) an. Diese Elemente setzen den gesunden Körper in einem bestimmten Mengenverhältnifs zusammen; die Krankheiten entstehen durch Störung dieses Mischungsverhältnisses, indem es zum Vorwalten eines oder zweier Elemente kommt, oder indem eins ausgeschieden wird. Die Ursache der Krankheit ist also nach seiner Ansicht eine abnorme Aenderung des Mischungsverhältnisses der den Körper zusammensetzenden Elemente und die Heilung der Krankheiten besteht infolgedessen in der Wiederherstellung des richtigen, naturgemäfsen Verhältnisses. Wichtig für sein medizinisch-chemisches System ist seine Lehre vom Tartarus. Unter Tartarus versteht Paracelsus die Verdickung der Säfte und Niederschläge aus Säften, welche im normalen, gesunden Zustande des Körpers keine festen Bestandtheile enthalten. Diese Niederschläge aus Säften sind nun nach ihm die Ursache vieler

Krankheiten; wo solche Ausscheidungen im Körper stattfinden, erzeugen sie Steifigkeit der Organe. Je nach den Organen, in welchen die Niederschläge stattfinden, entstehen so Gicht, Steinübel, Nierenkrankheiten etc. Eine Bestätigung seiner Annahme vom Tartarus fand Paracelsus in der Ablagerung von festen Körpern, welche er bei verschiedenen Krankheiten beobachtet hatte (Harnsteine, Nierensteine, Gallensteine etc.) Alle die durch den Tartarus hervorgerufenen Krankheiten bezeichnet er als die tartarischen Krankheiten.

Eine eigenthümliche Lehre stellte er über die Verdauung auf, welche er noch nicht, wie später die ihm folgenden Jatrochemiker, als einen rein chemischen Prozefs auffafste. Nach seiner Lehre ist dieser Vorgang die Arbeit des inwendigen, „heimlichen" Menschen, des sog. Archeus. Dieser Archeus wohnt im Innern des Menschen und er ist es, welcher die eingebrachten Speisen verarbeitet, in ihre Bestandtheile zerlegt und die nahrhaften Theile dem Organismus einverleibt, in Säfte verwandelt, während er die schädlichen und unnützen aus dem Körper entfernt. Wird der Archeus krank und ist er dadurch verhindert, die Verdauung wie gewöhnlich zu besorgen, so erkranken diejenigen Organe des Menschen, welche speziell von der Thätigkeit des Archeus abhängen; aufserdem gehen die Stoffe welche sonst durch seine Arbeit ausgeschieden würden, nun im Organismus in Fäulnifs über und verursachen dadurch ebenfalls Krankheiten. Der Archeus ist übrigens von dem Willen des Menschen unabhängig.

Das System des Paracelsus ist auf die Ansicht von der Einheit der aus Gottes Geiste hervorgegangenen und von demselben durchdrungenen gesamten Natur gegründet. Er verschmolz die Medizin mit der allgemeinen Kenntnifs der Natur zu einem einzigen Wissensgebiete, indem nach ihm die Möglichkeit, die Natur des Menschen und das Wesen der Krankheiten zu erforschen, auf der Erkenntnifs sämtlicher Naturerscheinungen, und zwar nicht nur der irdischen, sondern auch der himmlischen, ihrer Ursache, ihren Eigenschaften und Wirkungen beruht. Jedwede Einsicht auf dem Gebiete der Medizin und der Naturwissenschaften kann nach ihm einzig und allein durch Erfahrung und Praxis gewonnen werden. Diese Anschauung war nicht nur für die Heilkunde, sondern auch für die Chemie von gröfster Wichtigkeit; es ist dies die energischste Vertretung der experimentellen Methode als einzig richtige, welche zum Fortschritt und zur Erkenntnifs der Wahrheit führen kann. Später wurde dies wieder von Francis Bacon von Verulam ausgesprochen, aber der Unter-

schied hierbei ist der, dafs Paracelsus die Naturwissenschaften, und zwar hauptsächlich die Chemie, durch eigene praktische Thätigkeit bereicherte, während Bacon dem Schatz an Wissen in der Naturkunde nichts hinzufügte.

Die Quintessenz von Paracelsus Lehre gipfelt in der Anwendung von bestimmten Heilmitteln, von Arcanen, gegen die Krankheiten. Als solche Heilmittel hat er nun zum ersten Male eine grofse Anzahl chemischer Präparate in die Medizin eingeführt; so lehrte er die Anwendung des Quecksilbers in verschiedener Weise, z. B. als Sublimat; ferner brauchte er Quecksilberpräparate innerlich gegen Syphilis. Auch mehrere Bleipräparate, antimonhaltige Arzneien, Schwefelmilch, Kupfervitriol, verschiedene Eisenpräparate etc. wandte er zum ersten Male an. Ferner bemühte er sich z. B., aus Pflanzen, welche heilkräftige Wirkungen besitzen, den eigentlich wirksamen Bestandtheil zu isoliren und in Anwendung zu bringen; auf diese Weise führte er viele Tinkturen und Extrakte ein.

Die Herstellung aller dieser Heilmittel ist nun nach Paracelsus der wahre Zweck der Chemie. Dadurch ist er für den Chemiker der Begründer einer neuen, fruchtbaren Richtung in der Forschung geworden. Er hat die Forscher aus ihren alchemistischen Träumen mächtig aufgerüttelt und ihren Untersuchungen und Arbeiten bisher unbetretene Wege gewiesen. „Der wahre Gebrauch der Chemie ist nicht, Gold zu machen, sondern Arzneien zu bereiten,“ dies war die neue, bahnbrechende Anschauung des Paracelsus, in diesen Worten liegt sein grofses Verdienst um unsere Wissenschaft und um die Pharmazie; er ersetzte die jahrhundertelangen, erfolglosen alchemistischen Bemühungen durch die praktische, Arzneien bereitende, chemische Thätigkeit. Diese letztere nannte er Spagirik, um diese Art der Chemie von der nebenbei natürlicherweise fortexistirenden Goldmacherkunst zu unterscheiden. Der Name Jatrochemie für Spagirik ist erst um die Mitte des 16. Jahrhunderts in Anwendung gekommen. Da Paracelsus mit dem chemischen Wissen seiner Zeit voll vertraut war, so war es ihm möglich, in dieser seiner neu geschaffenen Spagirik durch Herstellung, Anwendung und Empfehlung alter und neuer chemischer Präparate selbst aufserordentlich thätig zu sein.

Dadurch, dafs die Apotheker nun gezwungen wurden, sich die nöthigen chemischen Kenntnisse zu erwerben, um die Herstellung der in die Medizin neu eingeführten chemischen Präparate besorgen zu

können, wurde Paracelsus auch der Begründer der wissenschaftlichen Pharmazie.

Natürlich fanden die neuen Lehren des Paracelsus bei den Aerzten, und nicht nur bei diesen, sondern bei den Gelehrten überhaupt, den heftigsten Widerspruch. Vor allem kämpfte die alte Schule mit aller ihr zu Gebote stehenden Macht gegen die Aufnahme chemischer Präparate in den Arzneischatz. So verdammte in der zweiten Hälfte des 16. Jahrhunderts die Pariser medizinische Fakultät jede Neuerung in der Heilkunde, und das Parlament verbot jedem in Paris thätigen Arzte bei Strafe des Verlustes des Rechtes zur Ausübung der medizinischen Praxis die Anwendung von Antimon oder Antimonpräparaten. Da sich diesem Verbote nicht alle Aerzte fügen wollten, so entspann sich über die Zweckmäfsigkeit desselben ein heftiger Kampf, welcher auch unter dem Namen „Antimonstreit“ in der Geschichte der Wissenschaften bekannt ist. Noch im Jahre 1603 wurde Turquet de Mayerne, ein Arzt und bekannter Chemiker, weil er Antimonpräparate angewandt hatte, von der medizinischen Fakultät zu Paris für unfähig erklärt, weiterhin zu praktiziren, und gleichzeitig wurde den anderen Aerzten bei derselben Strafe verboten, Consultationen mit ihm abzuhalten.

Natürlicherweise machte sich das Paracelsische System nicht nur Gegner, sondern es gewann auch viele Anhänger. Seine Anhänger, und zwar diejenigen, welche kurz nach Paracelsus Tode auftraten, waren allerdings in manchen Fällen nicht fähig, die Lehren des Meisters richtig zu vertreten. Wir finden unter ihnen solche, welche nur auf Grund ihrer Dreistigkeit, nicht aber auf Grund wissenschaftlicher Thätigkeit, gegen das alte Galenische System ankämpften. Bei vielen zeigte sich auch ein allzu grofses Vertrauen auf des Paracelsus Worte, jeder Ausspruch von ihm galt als Offenbarung einer unumstöfslichen Wahrheit; kritiklos wurde alles hingenommen, was Paracelsus gegeben, und da unter dessen Namen viele Schriften gingen, die nicht von ihm herrührten, sondern nur seinen Namen trugen, um einen Leserkreis zu finden, im übrigen aber von werthlosem Inhalte waren, so wurde auf diese Weise auch viel Thorheit vertheidigt.

Andererseits vereinigten sich unter den Fahnen des Reformators aber auch die, welche eine Erneuerung der alten, verrotteten medizinischen und pharmazeutischen Zustände aufrichtig und um der Sache selbst willen herbeiführen wollten. Und unter diesen nun finden wir viele geniale, bahnbrechende Geister, viele fleifsige Arbeiter auf

dem Gebiete der erneuerten Chemie, Forscher und Streiter von oft grofsem Opfermuthe, denn dieser war nöthig, da die alte Schule der Aerzte, wo ihr wissenschaftliche Gründe für ihre Anschauungen nicht mehr zu Gebote standen, gern die Macht, welche von den Universitäten ausgeübt werden konnte, sowie die obrigkeitliche Gewalt zu Hülfe nahm. Etwas aufserordentlich Wichtiges leisteten alle Anhänger des Paracelsus dadurch, dafs sie die Ansichten ihres Lehrers über den Zweck der Chemie voll und ganz zur Herrschaft brachten. Wenn auch die Herrschaft der Arzneien bereitenden Chemie nicht die volle Beseitigung der Alchemie zur Folge hatte, so wurde diese doch in die Stellung einer chemischen Nebenbeschäftigung zurückgedrängt; die Herstellung des Steines der Weisen und die Verwandlung der Metalle war von nun an nicht mehr das Ziel der gesamten chemischen Thätigkeit und wurde es auch niemals wieder. Die erste grofse Periode in der Entwickelungsgeschichte unserer Wissenschaft war zu Ende. —

Da die Zeit, welche soeben geschildert wurde, nämlich das Ende der alchemistischen und der Beginn der iatrochemischen Periode, für die Entwickelungsgeschichte der Chemie von so aufserordentlich grofser Wichtigkeit ist, so wollen wir auch einen Augenblick bei den wichtigsten chemischen Operationen und Geräthschaften, sowie den Laboratorien jener Zeit verweilen.

Besondere Lehrstühle für Chemie wurden an den Universitäten schon im Anfange des 17. Jahrhunderts errichtet; Johann Hartmann (1568—1631) war der erste spezielle Lehrer für Chemie an einer Hochschule, nämlich zu Marburg.

Die Laboratorien dienten bis zum 17. Jahrhundert fast nur alchemistischen Zwecken; das Innere einer solchen alchemistischen Arbeitsstätte des 16. Jahrhunderts hat uns z. B. der ältere Breughel auf seinem bekannten Gemälde, ein Laboratorium eines Alchemisten darstellend, mit jedenfalls grofser Treue geschildert. Gröfsere alchemistische Laboratorien wurden von Fürsten unterhalten; sie liefsen darin auf ihre Kosten Adepten nach dem Stein der Weisen suchen. Im Volksmunde wurden diese Anstalten Goldhäuser genannt. Das erste Laboratorium, welches zum chemischen Unterrichte dienen sollte, wurde 1683 durch den Rath der Stadt Nürnberg an der damaligen Universität Altorf gegründet und dem Professor Hofmann unterstellt. In demselben Jahre wurde auch das erste Staatslaboratorium gegründet; es war dies dasjenige, welches Karl XI. zu Stockholm errichten

liefs, damit darin auf Staatskosten chemische Versuche im Interesse des Bergbaus angestellt würden. Der erste Direktor dieses Laboratoriums war Urban Hiärne.

Von den chemischen Geräthschaften, welche in der ersten Hälfte des 16. Jahrhunderts im Gebrauch waren, sind diejenigen besonders interessant, welche zur Erzeugung von Wärme behufs Ausführung chemischer Arbeiten benutzt wurden. Die ältesten Vorrichtungen dieser Art waren die Schmelzöfen; sie waren ja schon im Alterthum in Gebrauch. Eine Beschreibung von Oefen verschiedener Konstruktionen zum Schmelzen, Destilliren etc. hat uns auch Geber hinterlassen. Bei den Abendländern wurden, nachdem sie die Alchemie von den Arabern übernommen hatten, die Oefen vielfach verbessert. So finden



Fig. 2.
a a: Spiritus vini.

wir bei Raymundus Lullus zum ersten Male eine genaue Beschreibung des allerdings wahrscheinlich schon von den Arabern erfundenen Athanors (ἀ θάναθος, unsterblich, ewig). Der Athanor war ein besonders für die oft wochen- und monatelang dauernden alchemistischen Prozesse vorzüglich geeigneter Ofen; sein Feuerungsmaterial ersetzte sich aus einem Vorrathe fortwährend von selbst, er bedurfte also keiner Bedienung. Man besafs auch Oefen, in welchen an verschiedenen Stellen verschiedene Hitze herrschte, ferner solche, deren Wärme man durch besondere Vorrichtungen reguliren konnte. Als Heizmaterialien verwandte man Steinkohlen, Holzkohlen, hartes und weiches Holz, hartes, wenn man hohe Hitze, weiches, wenn man nur schwache Hitze erzielen wollte. Wie aus einer Stelle einer Schrift des Basilius Valentinus hervorgeht, kannte man auch im 15. Jahrhundert schon die Anwendbarkeit von Weingeist als Brennmaterial. Obige Spirituslampe (Fig. 2) zu Heizzwecken ist aus der „Alchymia" des Andreas Libavius, (dies ist das älteste chemische Lehrbuch, es erschien zum ersten Male 1595) und zwar aus der Ausgabe vom Jahre 1606 und 1615 entnommen.

Um bei nicht allzu hohen Temperaturen zu arbeiten, wandte man das schon von Geber angegebene Wasserbad, das Marienbad, wie man es nannte, an. Einige solcher Wasserbäder verschiedener Formen,

wie sie in der ersten Hälfte des 16. Jahrhunderts im Gebrauch waren, zeigen die folgenden Abbildungen (Fig. 3—5). Sie sind einem Werke aus dem Jahre 1555 entnommen, welches den Titel führt: Ein köstlich theurer Schatz Eunonymi Philiatri, darinn behalten sind vil heymlicher gütter stuck der artzny, fürnemlich aber die art vnd eygenschafft der gebrannten wassern vnd ölen — u. s. w. 1555.

Wie aus den Figuren hervorgeht, erhitzte man die Gefäfse, welche



Fig. 3.

A Ofen.
B Ehernes Geschirr, gefüllt mit Wasser.
C Destillirgefässe.



Fig. 4.

A Kolben.
B Alembik (Helm).
D Gefäfs mit Wasser.
C Ofen.



Fig. 5.

A Kappe und Rohr aus Kupfer.
O Ofen.
B Rost.
D Wasserbad.
E Destillirkolben.
C Helm mit Abzugsrohr für Rauch.

die zu bearbeitende Substanz enthielten, entweder so, dafs man sie direkt in das kochende Wasser setzte, Fig. 3, oder dafs man sie dem Dampf des siedenden Wassers aussetzte, Fig. 4. Fig. 5 stellt eine eigenthümliche, damals viel gebrauchte Form des Marienbades dar; D ist das eigentliche Wasserbad, und dieses wird nun erwärmt durch die heifsen Verbrennungsgase, welche vom Feuerraum A aus durch das kupferne Rohr AC strömen. Diese ganze Vorrichtung wurde der „faule Heintz" genannt.

Auch Mistbäder, Aschenbäder und Sandbäder waren im Gebrauch; das zu erwärmende Gefäfs wurde hierbei einfach in faulenden Mist oder warme Asche resp. warmen Sand gesetzt. In dem Buche: „Ein köstlich theurer Schatz Eunonymi Philiatri" findet sich auch eine Abbildung und Beschreibung des so ungemein viel benutzten Mistbades (Fig. 6). Der Autor schreibt: „Zvm ersten nimm A rosszmist

vnd thu den selbigen in ein grofs vnd tieff B geschirr oder sunst etwan in ein grüben die zu diesem werck gemacht seye: vnd mitten in den selbigen mist setz du ein C destillier gefefs.“

In dem angeführten Werke des Philiatri ist noch eine weitere eigenartige Weise angegeben, Substanzen zu digeriren, es ist dies nämlich die Zuhülfenahme von Sonnenstrahlen, welche vorher durch Linsen oder Hohlspiegel concentrirt wurden. Die Abbildung Fig. 7, dem genannten Buche entnommen, zeigt uns eine solche Versuchsanordnung. Die der Abbildung beigegebene Beschreibung lautet:



Fig. 6.



Fig. 7.



Fig. 8.

„Andere, damit vn sy die materi, so sy jnnen zu destilliere habed, fürgenommen, kommlich vnd ordentlich an der Sonnen mögind digeriere, so mached sy jne selbs hiezu hole A spiegel, welche sy gegen der B Sonne richtend vnd setzend demnach das C gefefs, in welchem die materi zum digerierenn ist, zwüschend den spiegel vn der Sonnen glantz: damit die streymen von der Sonnen gestrackts auff das glafs gerichtet werdind. Zu diser digerierung hör ich sagen, dafs weyt besser seye ein spiegel, so die form vnd gestallt hatt eines instruments, so die Astronomi (das ist, die, so ein verstand habend defs gestirns) D parabolam cauam nennend. Aber parabola caua ist ein figur, gleych eine Tanzapffen, welcher zu oberst ein theyl abgeschnitten ist, von welchem du läsen magst den Archimedem von den fheurspieglen.“

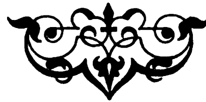
Fig. 8, aus demselben Werke stammend, zeigt die Anwendung von Linsen, welche so um das zu erwärmende Gefäfs herumgelegt wurden, dafs trotz des sich verändernden Sonnenstandes immer Strahlenbündel in den Destillirkolben fielen.

Der Verfasser sagt dazu: „Dises mag auch gar kommlich zuwägen bracht werden, so man A Cristallin kuglen aufhenckt zwüschend das destillier gefefs vnd den Sonnen glantz, also dafs die B streymen von d' Sonnen durch die kuglen grad auff das gefefs, darinn die materi zum destillieren inn ist, glantzind. Aber diser yetz gemeldeten

stucken halb hab ich keins erfaren vnd probiert.“ Später bildet auch Libavius in seiner Alchymia solche Vorrichtungen ab.

Wollte man möglichst hohe Hitzegrade erreichen, so benutzte man Oefen mit Blasebälgen, wie sie zu verschiedenen technischen Zwecken, z. B. zu metallurgischen Vornahmen, angewandt wurden.

Da es zu weit führen würde, wenn wir auf den Zustand aller chemischen Operationen und Apparate, welche damals angewandt wurden, näher eingehen wollten, so möge es mit der eben gegebenen Beschreibung von Geräthschaften genug sein, zumal ja diese Vorrichtungen, welche zur Erzeugung von Wärme behufs Vornahme chemischer Prozesse dienten, die wichtigsten und charakteristischsten Apparate in den Laboratorien der Chemiker jener Zeit waren.





Sonnenparallaxe, Sonnendurchmesser und Venusdurchmesser.

Die Resultate der bei Gelegenheit der letzten beiden Venusdurchgänge seitens der deutschen Expeditionen angestellten Heliometerbeobachtungen[1]) sind kürzlich von Herrn Geheimrath Professor Auwers in No. 3066 und 3068 der „Astronomischen Nachrichten“ mitgetheilt worden, nachdem mannigfache Verzögerungen, vornehmlich aber die Rücksicht auf eine möglichst erschöpfende Bearbeitung des umfangreichen Materials dem früheren Abschlufs der ungemein mühsamen und weitläufigen Rechnungen sich hindernd in den Weg gestellt hatten. Es ist damit ein sehr erheblicher Theil der lange und sehnlichst erwarteten Ergebnisse dieser so überaus bedeutungsvollen Unternehmungen weiteren Kreisen zugänglich geworden, und die Möglichkeit zu schätzbarer Vergleichung derselben mit denjenigen ausländischer Veranstaltungen ähnlicher Art gegeben.

Die der Bearbeitung unterzogenen Beobachtungen zerfallen im wesentlichen in drei Gruppen: Beobachtungen vor Aussendung der Expeditionen zur Einübung der Beobachter und Untersuchung der Instrumente; Stationsbeobachtungen; Beobachtungen nach Rückkehr der Instrumente zur nachträglichen Prüfung ihres Verhaltens, namentlich in Bezug auf die Unveränderlichkeit ihrer Konstanten. Ueber die Art der angedeuteten Untersuchungen und Beobachtungen hier zu berichten, würde den Rahmen dieser kleinen Mittheilung überschreiten; es sei nur darauf hingewiesen, dafs sich eine Reihe der hervorragendsten Beobachter an dem Werk betheiligten, und dafs sich aus dem Zusammenwirken dieser Männer von vornherein eine wesent-

[1]) Ein Heliometer ist ein Fernrohr, dessen Objektiv in zwei Halblinsen zerschnitten ist, bei deren Verschiebung gegen einander von dem betrachteten Objekt zwei Bilder entstehen. Da nun diese Verschiebung hinreichend scharf gemessen werden kann, ist man in der Lage, den Abstand zweier Punkte dadurch genau zu ermitteln, dafs man das von der linken Objektivhälfte erzeugte Bild des einen Punktes mit dem von der rechten Halblinse entworfenen Bilde des anderen Punktes zur Deckung bringt.

liche Förderung unserer wissenschaftlichen Erkenntnifs in der angestrebten Richtung erwarten liefs.

Bei dem Vorübergang der Venus vor der Sonne im Jahre 1874 sind mit den verwendeten 4 kleinen Heliometern 308, bei dem letzten Durchgang (1882) insgesamt 446 Messungen des Abstandes zwischen Sonnenrand und Venusrand erlangt worden, von denen nachträglich 3 als fehlerhaft erkannt und ausgemerzt sind, während 16 weitere nur nebenher für die Bestimmung der Sonnenparallaxe zur Verwendung kamen. Jede einzelne der gedachten Messungen ergiebt eine Bedingungsgleichung für die Korrektion des angenommenen Sonnenortes, für die Korrektion der zu 8″.848[2]) angenommenen Sonnenparallaxe und für die Verbesserung der beiden Gestirnshalbmesser. Die Verwerthung der aufgestellten Bedingungsgleichungen nach der Methode der kleinsten Quadrate hat nun für die Aequatorial-Horizontalparallaxe π der Sonne (d. h. für den Winkel, unter welchem einem im Sonnenmittelpunkte stehenden Beobachter der Halbmesser des Erdäquators erscheinen würde, folgende Werthe ergeben:

für den Durchgang von 1874 $\pi = 8''.873$ im Mittel aus 307 Messungen,
„ „ „ „ 1882 $\pi = 8''.883$ „ „ „ 444 „

Mit Berücksichtigung der möglichen Unsicherheiten dieser Werthe folgt hieraus als wahrscheinlichstes auf 751 Messungen beruhendes Gesamtresultat

$$\pi = 8''.880.$$ [3])

Die Uebereinstimmung der beiden angeführten Parallaxenwerthe ist zwar recht beträchtlich, indessen wohl mehr als zufällig zu betrachten; namentlich der für 1874 ermittelte Werth leidet noch an einer ziemlich bedeutenden Unsicherheit, und die Darstellung der Bedingungsgleichungen, aus denen er gefunden ist, würde durch Eintragung des erheblich kleineren Werthes $\pi = 8''.80$, auf welchen eine Reihe vorgängiger Bestimmungen hinzudeuten schien, nur unwesentlich verschlechtert werden, während die Beobachtungen von 1882 mit einem so kleinen Werth kaum noch verträglich sind.

Zur Vergleichung sei hier noch darauf hingewiesen, dafs Prof. Harknefs[4]) aus den photographischen Aufnahmen des Durchganges

---

[2]) Dieser Werth ist von Newcomb in den 1867 erschienenen „Untersuchungen über die Entfernung der Sonne“ aus den bis dahin vorliegenden Bestimmungen als wahrscheinlichster Werth der Horizontalparallaxe der Sonne abgeleitet worden.

[3]) Diesem Werth entspricht bei Annahme der Clarkeschen Erddimensionen eine Entfernung der Sonne von rund 148154000 km oder 19965200 Meilen.

[4]) cf. auch „Himmel und Erde“ S. 146 des laufenden Jahrgangs.

von 1882 seitens der amerikanischen Expeditionen als wahrscheinlichsten Werth $\pi = 8''.842$ ermittelt hat, welcher innerhalb der dem oben angeführten Werthe $8''.83$ anhaftenden Unsicherheit mit letzterem übereinstimmt. Ueberdies hat schon 1875 Puiseux als vorläufiges Resultat aus den von Mouchez auf St. Paul und Fleuriais in Peking angestellten Beobachtungen den Werth $8''.879$ angegeben, während aus englischen Beobachtungen der bedeutend kleinere Mittelwerth $8''.76$ berechnet worden ist. Soviel dürfte indessen wohl als sicher angenommen werden, daſs der wahre Werth von π nur unbedeutend von dem Werth $8''.88$ abweichen wird, wie denn auch andere Gründe für denselben zu sprechen scheinen. Aus einer neuerdings erschienenen Arbeit über die sog. lunare Gleichung[5]) ist z. B. zu ersehen, daſs der angenommene Endwerth der Parallaxe am besten mit den neueren Annahmen über die Mondmasse verträglich ist. Gleichwohl wird sich eine Entscheidung zu Gunsten einer allgemeinen Annahme des Werthes $\pi = 8''.88$ vorerst nicht herbeiführen lassen; man wird vielmehr die endgültige Bearbeitung des gesamten Materials abwarten müssen, ehe eine Einigung in dieser Beziehung erhofft werden kann.

Nicht minder interessant und wichtig sind die Resultate der Ausmessung des scheinbaren Sonnendurchmessers, um so mehr, als dieselben eine wesentliche Verkleinerung der bisher angenommenen Werthe erfordern. Die Gröſse des Durchmessers der Sonne in mittlerer Entfernung hat sich aus einer groſsen Reihe von Beobachtungen, die allen drei Eingangs genannten Gruppen angehören, zu **1919″.26** ergeben, während bislang folgende Annahmen gebräuchlich waren: das Berliner Astronomische Jahrbuch — welches mit dem Jahre 1895 den obigen Werth einführen wird — rechnet mit $1922''.4$, Connaissance des Temps und Nautical Almanac mit $1923''.64$, American Ephemeris in der Sonnenephemeride mit $1924''.0$. Diese Werthe, die vornehmlich auf der Beobachtung von Meridiandurchgängen beruhen, wurden theilweise nur aus praktischen Gründen beibehalten; sie stehen aber an Genauigkeit dem Heliometerresultat, welches allerhöchstens noch zu

---

[5]) Streng genommen beschreibt nämlich nicht der Erdmittelpunkt, sondern der allerdings noch innerhalb des Erdkörpers liegende Schwerpunkt des Systems Erde-Mond eine Ellipse um die Sonne, und das Erdzentrum seinerseits bewegt sich wieder um diesen gemeinsamen Schwerpunkt in einer nahe kreisförmigen Bahn. Daſs die lunare Gleichung, d. h. die Gröſse des Winkels, unter welchem auf der Sonne der Durchmesser dieser Bahn erscheint, auſser von dem Verhältniſs der Mondmasse zur Erdmasse auch von der Entfernung der Sonne, d. i. von der Sonnenparallaxe, abhängt, bedarf keiner weiteren Erklärung.

grofs sein könnte, so erheblich nach, dafs es angezeigt wäre, der vorhandenen Verschiedenheit ein Ende zu machen und gleichmäfsig den Werth 1919″.26 als allgemein gültige Konstante zu Grunde zu legen. — Die Beobachtungen haben übrigens, wie hier noch beiläufig erwähnt werden möge, einen irgend merklichen Unterschied zwischen dem vertikalen und dem horizontalen Durchmesser der Sonne nicht ergeben, sodafs die Sonnenscheibe als durchaus kreisförmig anzusehen ist.[6])

Wenige Worte mögen genügen, um noch das Ergebnifs der Bestimmung des Venusdurchmessers mitzutheilen. Der Werth desselben konnte einmal aus der Vergleichung der abwechselnden Einstellungen der beiden Ränder des Planeten auf den Sonnenrand — welche für die Ermittelung der Ränderabstände nothwendig waren — gefunden werden; andererseits wurden während des scheinbaren Verweilens des Planeten auf der Sonnenscheibe direkte Messungen des Durchmessers angestellt. Letzteres Verfahren, welches aus verschiedenen Gründen den Vorzug verdient, hat für den scheinbaren Venusdurchmesser in der Einheit der Entfernung[7]) den Werth **16″.80** ergeben, ungefähr 0″.75 weniger, als nach den bisher genauesten Messungen anzunehmen war. Setzt man die Sonnenparallaxe wie oben zu 8″.88 an, so findet sich demnach der wahre Durchmesser der Venus zu 0.946 Erddurchmessern. G. Witt.



Einige Wirkungen von Atmosphären. Wenn Licht, welches nicht blos Strahlen von einer bestimmten Wellenlänge enthält, durch einen brechenden Körper hindurchgeht, so wird es nicht nur von seiner Richtung abgelenkt, sondern auch in seine farbigen Bestandtheile zerlegt; denn die lichtbrechende Substanz lenkt die Strahlen verschiedener Wellenlänge verschieden stark ab. Die Folge davon ist z. B., dafs die Bilder, welche eine einfache Linse giebt, von buntem Rande gesäumt erscheinen. Eine ganz ähnliche Wirkung hat, worauf der Leiter der Münchener Sternwarte, Prof. Seeliger, neuerdings hingewiesen hat (Sitzungsber. der bayr. Akademie der Wiss. 1891

[6]) Dieses Ergebnis steht durchaus im Einklang mit den Folgerungen aus dem sog. Clairaut'schen Satz, nach welchem für die Sonne die Abplattung zwischen den Grenzen $\frac{1}{93\,800}$ und $\frac{1}{37\,500}$ des Durchmessers liegen, also unmerklich bleiben mufs.

[7]) d. h. in einer Entfernung gleich der halben grofsen Achse der Erdbahnellipse.

Heft 3), bereits die Atmosphäre, welche einen Himmelskörper umgiebt. So müfste die Erde, vom Monde aus gesehen, zunächst ein wenig verbreitert erscheinen, freilich nur etwa um den 1700. Theil der scheinbaren Breite, in der sie dort gesehen wird, aber immerhin um einen mefsbaren Betrag; sodann aber müfste sich ein farbiger Saum um das Erdbild zeigen, der sich freilich wegen seiner Schmalheit der Messung entziehen dürfte. Anders liegen aber vielleicht die Verhältnisse bei anderen Himmelskörpern, nämlich solchen, deren Atmosphäre dichter ist als diejenige der Erde und damit eine gröfsere zerstreuende Kraft als diese aufweist. Solche Körper würden möglicherweise, durch ein blaues Glas betrachtet, einen gröfseren Durchmesser zeigen, als in rothem Lichte gesehen.

Ein solcher Körper ist z. B. unsere Sonne. Wäre dieselbe nicht von einer lichtabsorbirenden Atmosphäre umgeben, so müfste sie uns als eine überall gleich helle Kreisscheibe erscheinen. Aber es ist bekannt, dafs ihre Helligkeit vom Mittelpunkte nach dem Rande hin stets abnimmt. Die genauen Messungen, welche Prof. H. C. Vogel in Potsdam über das Mafs dieser Abnahme angestellt hat, sind nach Seeliger nur dadurch mit der Theorie in Uebereinstimmung zu bringen, dafs man der Gashülle der Sonne eine starke brechende und zerstreuende Kraft zuschreibt. In diesem Falle müfste aber die Sonne solche enorme Gröfsendifferenzen bei Anwendung verschiedenfarbiger Blendgläser aufweisen, dafs sie jedem Beobachter auffallen würden. Nun zeigen aber einige Messungsreihen des Sonnendurchmessers, welche Prof. Auwers gelegentlich eines Aufenthalts an der Capsternwarte vor drei Jahren ausgeführt hat, keinen merklichen Unterschied bei Anwendung verschiedener einfarbiger Blendgläser. Prof. Seeliger löst dieses merkwürdige Dilemma durch die Annahme, dafs die Hülle der Sonne bei ihrer relativ grofsen Dichtigkeit nur eine sehr geringe Höhe hat. Die Folge davon ist, dafs am Sonnenrande totale Reflexionen in der Atmosphäre eintreten, von der Art, wie sie auf Erden die Fata morgana erzeugen, und dafs damit die Vergröfserung des scheinbaren Durchmessers der Sonne und die Entstehung eines farbigen Randes unmöglich gemacht wird.

Eine zweite Wirkung der irdischen Lufthülle ist offenbar die, dafs durch sie gesehen ein aufserhalb derselben befindlicher Lichtpunkt nicht wieder ein einfaches Punktbild geben kann, sondern zu einem kleinen Spektrum ausgezogen erscheinen mufs. Legt man diejenigen Brechungsverhältnisse zu Grunde, welche Ketteler für die atmosphärische Luft gefunden hat, so ergiebt sich die Länge dieses

Spektrums, zu dem also jeder Fixstern verlängert erscheint, zwischen den Fraunhoferschen Linien B und H zu 1″.36, d. i. die scheinbare Gröfse eines mittelgrofsen Menschen in 200 km Entfernung, während Versuche, die P. Henry in Paris angestellt hat, es noch etwas gröfser erscheinen lassen.[1])

Die absorbirende Thätigkeit der Erdatmosphäre ist der Gegenstand vieler Untersuchungen gewesen. Sie bringt u. A. die Erscheinung der Extinction des Fixsternlichts hervor. Ein Stern, der ohne die Wirkung der Lufthülle von einer bestimmten Gröfsenklasse erscheinen würde, ist lichtschwächer, weil die Atmosphäre seine Strahlen absorbirt; die Stärke seines Lichtes ist um ein Sechstel vermindert. Sein Licht erscheint ferner immer mehr geschwächt, je weiter sich der Stern vom Zenith entfernt, weil es dabei durch immer dichtere Luftmassen seine Bahn nimmt. Das Mafs dieser Aenderungen ist u. A. durch Beobachtungen, die Prof. Müller in Potsdam und auf dem Säntis angestellt hat, eruirt worden. Seeliger zeigt nun, dafs diese Messungen nur dann mit der Theorie der Lichtabsorption vereinbar sind, wenn man von den Langleyschen Bemerkungen über dieselbe Gebrauch macht. Man weifs durch dessen Beobachtungen mit dem Bolometer, dafs die Lufthülle für Licht von verschiedener Farbe eine sehr verschiedene Absorptionsfähigkeit besitzt. Danach wurde es wahrscheinlich gemacht, dafs, wenn unser Auge sich aufserhalb der Atmosphäre befände, die Gesammtstrahlung der Sonne sich uns eher als „blaues“, denn als „gelbes“ Licht wahrnehmbar machen würde; weil gerade die brechbareren Strahlen des Sonnenspektrums in den unteren atmosphärischen Schichten Schiffbruch leiden. Das Problem der photometrischen Bestimmung des Lichtes ist aber noch verwickelter. Es handelt sich dabei um die Stärke derjenigen Wirkungen, welche gemischtes Licht auf unser Auge ausübt. Aber dieses ist ein sehr eigenthümlicher optischer Apparat. Die gelben Strahlen eines gewöhnlichen Spektrums beeinflussen es bekanntlich am meisten, so zwar, dafs man z. B. beim Sonnenspektrum fast allein ihre Wirkung zu berücksichtigen braucht und nur bei wenigen auffallend gefärbten Sternen

[1]) Hiermit sind zugleich die Ansichten von Schmidt (vgl. Aprilheft S. 329) auf dasjenige Mafs von Wahrscheinlichkeit zurückgeführt, das ihnen zukommt. Schmidt macht nämlich die Annahme, dafs die Atmosphäre der Sonne neben grofser Dichte — die sie wohl in der That besitzt — auch eine bedeutende Höhe habe. Allein das ist schon wegen der grofsen Schwerkraft, welche auf der Sonne herrscht, wenig wahrscheinlich. Sodann aber scheint Schmidt zu übersehen, dafs bei Anerkennung seiner Gründe die Sonne auch mit einem farbigen Rande erscheinen müfste. Anm. des Referenten.

die Sache sich anders verhalten mag. Des weiteren hat bereits der bekannte Physiologe Purkinje darauf aufmerksam gemacht, dafs die verschiedenen in farbigem Lichte gemischten Strahlen bei abnehmender Intensität des Lichtes in verschiedener Weise auf unser Auge wirken. Schwächt sich solches Licht, so färbt es sich für unser Auge blauer, und demnach mufs die Gröfsenklasse eines rothleuchtenden Sternes mit Annäherung desselben an den Horizont uns weit schwächer, eines violett gefärbten weit weniger geschwächt erscheinen, als selbst die nach Langley modifizirte Absorptionstheorie erfordern würde. Dafs dem so ist, deuten in der That die Beobachtungen Müllers an; aber man wird weitere genaue Messungen anstellen müssen, um die so komplizirten Fragen, welche die Extinction des Fixsternlichtes betreffen, vollständig zu beantworten. Sm.



Der neue Stern. Der Stern im Fuhrmann, dessen Aufflammen wir im Märzheft S. 289 ankündigten, ist inzwischen, wie vorauszusehen war, so lichtschwach geworden, dafs ihn kaum noch die gröfsten Fernrohre des Erdballs zeigen werden. In der Geschichte der Astronomie aber wird seine Erscheinung stets genannt werden, weil dies die erste Beobachtung eines „neuen“ Sterns war, seitdem die Photographie zu wesentlichen Diensten in der Spektralforschung herangezogen ward. In der Harvardsternwarte zu Cambridge (N.-Am.) und in Potsdam sind so wichtige Studien über das sonderbare Phänomen angestellt worden, dafs wir mit wenigen Worten auf sie zurückkommen müssen. Zunächst lehren 18 Photogramme, welche in Cambridge vom 3. November 1885 bis zum 2. November 1891 von der Gegend um β Aurigae aufgenommen wurden, und welche die Spektra von Sternen bis zur 11., ja bis zur 13. Gröfse enthalten, dafs unser Stern in den letzten sechs Jahren nicht einmal diese Helligkeit besessen hat. Sein Spektralphotogramm ward zuerst am 16. Dezember erhalten, aber bereits am 10. Dezember war das Bild des Sterns auf Platten zu sehen, die dem Zwecke photometrischer Bestimmungen dienten. Eine Vergleichung von 13 Aufnahmen, die bis zum 20. Januar von jener Region des Himmels gemacht wurden, zeigt, dafs er am 20. Dezember mit einer Gröfse von 4,4 am hellsten gewesen sein mufs, während er die 7. Gröfse Anfang Dezember, die 6. am 7. Dezember erreichte. Die Zunahme des Lichtes um drei Gröfsenklassen, nämlich die von der 8. zur 5. Gröfse, erforderte also mehr als acht Tage, während der neue Stern von 1866 denselben Zuwachs bereits innerhalb dreier

Stunden erfuhr. Unter geringen Schwankungen sank er dann allmählich bis zum 20. Januar unter die 5. Gröfse herab. Und alle diese Beobachtungen waren mit Hilfe der photographischen Platte gemacht, bevor das Auge eines Menschen den Stern gesehen hatte. Bei der Entdeckung befand sich sein Licht bereits 43 Tage in der Abnahme. Aber die Beobachtungen sowohl mit freiem Auge als mittelst der Photographie liefsen überall erkennen, dafs das Erlöschen des Sternes von einem fortwährenden Aufflackern desselben unterbrochen war, indem sein Licht an Intensität öfter beträchtlich zunahm. Besonders zeigen die photographisch wirksamsten Strahlen, die blauen und violetten, nach den Aufnahmen eine starke und rasche Veränderlichkeit, wie man sie sonst nie gefunden hat. Sie weisen offenbar darauf hin, dafs in dem Stern selbst fortwährende gewaltige Bewegungen vorhanden waren, und die Farbe der veränderlichen Strahlen deutet an, dafs glühender Wasserstoff dabei betheiligt war. Dieser ist es auch, der in gewaltigen Eruptionen den Sonnenleib verlassend und in den Weltraum emporwirbelnd, die Erscheinungen der Protuberanzen erzeugt. Da derselbe sich durch gewisse helle Linien im Spektrum verräth, so durfte man diese auch hier erwarten. Sie sind in der That vorhanden. Die weiteren Forschungen aber, die an der Licksternwarte auf dem Hamiltonberge und zu Potsdam gemacht wurden, und auch die umstehende, einer Aufnahme der Harvardsternwarte nachgebildete Zeichnung lassen übereinstimmend helle Linien neben dunklen Streifen erkennen. Aufser diesen aber gelang es Vogel in Potsdam noch ein drittes System heller Linien im Innern der dunklen Linien nachzuweisen — eine Erscheinung, die sich auch in den Spektralaufnahmen der Sonnenflecke gezeigt hat. Helle Linien sind eine Eigenthümlichkeit der glühenden Gase, solche müssen also bei der Bildung des neuen Sterns in hervorragendem Mafse betheiligt gewesen sein. Die Erscheinung heller Linien zur Seite von dunklen ist bereits früher von Pickering im Spektrum von β Lyrae nachgewiesen worden, aber dort zeigen sich jene hellen Linien bald mehr bald weniger brechbar als die dunklen, mit einer Periode, welche wahrscheinlich der bekannten Periode der Veränderungen im Lichte jenes Sternes entspricht. Hier lagen die hellen Streifen stets auf der weniger brechbaren Seite und es folgte hieraus, dafs derjenige Bestandtheil des Sternes, dem sie entsprechen, mit einer Geschwindigkeit von 900 km sich gegen denjenigen mit den dunklen Linien und zwar von unserem Auge fort bewegte. Die genauere Untersuchung von Vogel ergab für die drei Theile des Sternes folgende Geschwindig-

keiten gegen die Erde: 1. Der Theil mit den dunklen Streifen eilte mit 670 Kilometern Geschwindigkeit, 2. derjenige mit den innerhalb der dunklen Streifen gelegenen hellen Linien mit einer solchen von 37 Kilometern auf uns zu, während 3. der dritte Theil mit den hellen Streifen mit 480 Kilometern Geschwindigkeit von uns forteilte. Diese Beobachtungen sind durch verschiedene Hypothesen mit einander zu vereinbaren. Am einfachsten ist es wohl anzunehmen, dafs die bereits starr gewordene Rinde eines im Erkalten begriffenen Weltkörpers, der nicht mehr leuchtete, durch einen Einsturz in sich zusammenbrach und dafs die geprefsten Massen seines Inneren sich in zwei Gasströmen, dem zweiten und dritten jener Theile, Luft machten, von denen Theil 3 ein seitlicher Ausbruch nach hinten war, Theil 2 ein ebensolcher, der aber entweder mit geringerer Geschwindigkeit oder unter einem gröfseren Winkel gegen die Gesichtslinie stattfand. Setzt man aber voraus, dafs z. B. Theil 1 und 3 verschiedene Körper sind, so ist es nach unserer Auffassung sehr wenig wahrscheinlich, dafs sich auf diesen Fall die Annahme von Klinkerfues[1]) anwende, weil die kolossale relative Geschwindigkeit eine sonst nie in geschlossenen Bahnen und am allerwenigsten als mehrere Tage lang anhaltend, beobachtete ist. Wir müssen dann vielmehr annehmen,



[1]) Himmel und Erde Band II, S. 384.

dafs die beiden Körper zufällig in solcher Eile an einander vorbeifuhren, dafs sie einander zu Gasausbrüchen veranlafsten. Sm.



Nachrichten über Kometen.

In letzter Zeit sind drei Kometen aufgefunden worden, von denen zwei nur für gröfsere Instrumente sichtbar sind, einer jedoch beträchtliche Helligkeit erlangte. Dieser letztere Komet wurde am 6. März von Swift in Rochester gefunden. Er lief mit starker Geschwindigkeit aus dem südlichen Theil des Schützen durch den Steinbock und Wassermann nach Norden, war Ende März so hell wie ein Stern sechster Gröfse und konnte Anfang April vor Sonnenaufgang am Osthimmel leicht mit blofsem Auge gesehen werden. — Am 18. März wurden zwei Kometen aufgefunden; der eine war der längst von seinem Umlaufe zurück erwartete periodische Komet Winnecke, welcher nach vergeblichen früheren Versuchen von Spitaler in Wien entdeckt wurde. Dieses Gestirn ist bei seinen früheren Erscheinungen immer ein kleines, lichtschwaches Objekt gewesen und zeigt sich auch in der diesjährigen Wiederkunft so. Der andere am 18. März gefundene Komet ist der von Denning in England mit Hilfe eines zehnzölligen Reflektors entdeckte; er ist klein und schwach, wird aber vermöge der Eigenthümlichkeit seiner Bahn voraussichtlich lange für unsere Fernrohre beobachtbar bleiben; die Bahn dieses Gestirns zeichnet sich durch den beinahe senkrechten Winkel gegen die Erdbahn und durch die grofse Periheldistanz (Entfernung von der Sonne) aus. Der Komet erreicht erst Mitte Mai seine gröfste Annäherung an die Sonne und stand Anfang April sehr nördlich, in der Cassiopeja. *



Die Cañons des Rio Colorado.

Zwischen den Rocky Mountains und der Sierra Nevada-Kette erstreckt sich auf dem nordamerikanischen Festlande eine weite, öde, mit eigenartig erodirten Felsgebilden bedeckte Hochfläche, das West-Plateau, in dessen Mitte das Steppen- und Wüstenbecken von Utah mit dem grofsen Salzsee liegt. Südlich von diesem Binnenbecken schliefst sich hieran im nordwestlichen Theile des Territoriums Arizona das Colorado-Plateau, weltberühmt durch seine ungeheuren Erosions-

thäler — die sogenannten Cañons — durch welche sich der Rio Colorado des Westens hindurchwindet, bevor er in den Golf von Californien mündet.

Unglaublich und märchenhaft erschienen die ersten Berichte, welche durch Missionäre, Pelzjäger und Goldgräber über die Eigenart dieser Cañonlandschaft in die Oeffentlichkeit drangen. Und wie die einzig dastehenden, prächtigen Geysirgebilde des Yellowstone-Parkes gerechtes Erstaunen und allseitige Bewunderung hervorgerufen haben, so nahmen auch diese Naturerscheinungen bald das Interesse der Amerikaner in Anspruch und veranlafsten die Regierung der Union, im Jahre 1857 eine Expedition nach dem Oberlauf des Colorado unter Leitung des Colonel Ives und des Geologen Newberry zur wissenschaftlichen Durchforschung des Territoriums auszusenden.[1]) Dieser ersten Expedition gelang es jedoch nur theilweise, in die Schluchtenthäler vorzudringen; bei der völligen Zerrissenheit des Landes mufsten sich die Mitglieder derselben begnügen, von den Rändern der Abgründe aus einen Blick in das schauerliche Felsenlabyrinth zu werfen, aber der Lauf des Stromes selbst, die Natur seiner Ufer, der geologische Aufbau der riesigen Felswände blieben auf weite Strecken hin unbekannt. Erst später gelang es dem Direktor der geologischen Landesaufnahme der Union Major Powell, eine Fahrt durch die Stromschnellen am Grunde der Cañons zu unternehmen. Ihm folgten in neuerer Zeit die amerikanischen Geologen Holmes, Gilbert, Dutton und andere.[2]) Aus den begeisterten Schilderungen und wissenschaftlichen Darlegungen dieser Männer läfst sich ein Bild von der eigenthümlichen geologischen Beschaffenheit der Schluchtenthäler gewinnen.

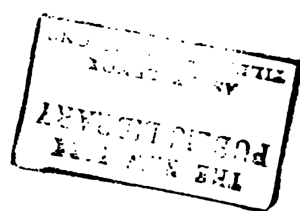
Der Colorado durchfurcht hiernach ein sehr hochgelegenes, in Terrassen ansteigendes Tafelland, welches von oben nach unten aus nahezu horizontal liegenden Schichten des Tertiär, der Kreide, des Jura, der Trias, des Perm-, des Kohlen- und Silur-Zeitalters gebildet wird. Die Schichten aller Epochen der Erdentwicklung sind hier in so schön geordneter Lagerung vertreten, wie sie kaum anderswo auf dem Erdenrund angetroffen werden, ja an einzelnen Punkten tritt sogar noch die Unterlage des Silurs, der Granit zu Tage. Das Terrassenland selbst ist aus tertiären Ablagerungen zusammengesetzt, welche sich stufenweise zu dem aus Kohlenkalk bestehenden Hoch-

[1]) Ives, Report upon the Colorado River of the West, Washington, 1861.

[2]) Clarence E. Dutton, Tertiary history of the Grand Cañon District with Atlas. Washington, 1882. (U. S. Geological Survey, Monographs II.)



Cañonslandschaft des Rio Colorado.



plateau, in dem die Cañons eingeschnitten sind, herabsenken. Ein Theil dieser Scenerie wird durch unser Titelbild zur Anschauung gebracht. Wir sehen hier natürliche, gewaltige, oft hunderte von Kilometern lange Treppen und Regale, welche als „mauvaises terres“ oder Bad-lands, oder als sogenanntes Alkovenland bezeichnet werden. Diese unzähligen Staffeln und Gallerien, welche vom Gipfel des Eocäns bis zum Carbon eine Gesammtmächtigkeit von fast 10 000 Fufs erreichen, zeigen den Beschauern ein gar wechselvolles Bild; sie sind mit natürlichen Säulen, Thürmen, Burgen und Monumenten bedeckt, mit Pyramiden von riesigen Dimensionen und majestätischen Formen. Und eine jede der verschiedenen Schichtungen, sagt Dutton, besitzt in der Architektur ihren besonderen Charakter; die Unterschiede sind so hervortretend, wie etwa zwischen den egyptischen und griechischen Tempeln, zwischen den Pagoden Chinas und den Kathedralen des Abendlandes.

Ein geradezu überwältigendes Bild zeigt der Vordergrund unserer Landschaft. Zwischen thurmhohen Kerkerwänden öffnen sich allerorten gähnende Tiefen, die jäh und unvermittelt bis zu 2000 Meter herabfallen. Nichts auf Erden läfst sich mit diesen zerrissenen Cañonsschluchten vergleichen; die wilde Taminaschlucht in den Alpen ist dagegen ein Kinderspiel; man mufs, um Formationen zu finden, die sich diesem Schluchtensystem an die Seite stellen lassen, schon den Blick auf unseren himmlischen Begleiter, den Mond wenden und die dort sichtbaren gewaltigen Klüfte, welche den Namen Rillen führen, beobachten. „In dem Bereiche dieser Schluchten“, sagt der amerikanische Geologe Dutton, „ist alles im grofsartigsten Mafsstabe eigenthümlich. Die Flüsse rauschen in schier unerreichbaren Tiefen, sie peitschen mit Ungestüm gegen die ihren Lauf hemmenden Felsen, überstürzen sich in Stromschnellen und vollführen eine wilde Musik, welche die düstere Einsamkeit noch unheimlicher macht. Der menschliche Geist kann sich keine Vorstellung machen von diesen gewaltigen Felsmauern, die links und rechts sich in die Unendlichkeit zu verlieren scheinen. Man fühlt sich bedrückt und überwältigt; wäre es nur eine senkrechte glatte Wand, so fände sich ein Ruhepunkt, allein überall begegnet man der gröfsten Mannigfaltigkeit. Tiefe Amphitheater springen weit in die Plateaulandschaft ein, zwischen ihnen ragen mächtige Vorsprünge heraus, die in herrlichen Giebeln ausladen. Einen gleich überwältigenden Eindruck machen die aus der Tiefe emporwachsenden Felsenpfeiler und Felsnadeln, wie diejenige des Kanab Cañons, welche eine Schönheit der Form, eine Grofsartigkeit und

dabei eine mannigfaltige Zerrissenheit zeigt, die jeder Beschreibung spottet."[3])

Das Seltsame des Eindrucks erhöhen die nie gesehenen Farben- und Licht-Effecte. Von einem beängstigend tiefblauen Hintergrunde heben sich die Felswände in ihrer unaufhörlich wechselnden Formgestaltung ab, und wenn die Sonne tiefer sinkt und die Schatten des Abends sich auf die Landschaft legen, dann gewinnt dieselbe einen neuen Reiz. Man kann sich wohl vorstellen, dafs die hier hausenden Naturvölker die Geheimnisse dieser Schluchten in ihre religiösen Sagen einflochten und sich nicht in diese Felsspalten wagten, wo der Donner des wildbrausenden Stromes wie die Stimme eines Dämons dem Naturmenschen entgegenhallt. Selbst der mit den Erscheinungen der Alpenwelt vertraute Naturfreund fühlt sich, wie Dutton hervorhebt, von der Grofsartigkeit der Cañonlandschaft zurückgestofsen; alles, was er daselbst sieht, erregt anfänglich Staunen und Bewunderung, wie Furcht und Beengung, bis endlich die alltägliche Umgebung Auge und Gemüth mit dem Geschauten versöhnt und der Beschauer sich plötzlich bewufst wird, dafs Umrisse, welche zuerst hart erschienen, Anmuth besitzen, dafs Formen, die uns wunderlich vorkamen, voller Würde, dafs Farben, welche für grell, aufdringlich und blendend gehalten wurden, doch im hohen Grade zart, mannigfaltig und wirkungsvoll sind.

Alle diese merkwürdigen Erscheinungen, welche die Cañonlandschaft darbietet, können nur auf eine Weise erklärt werden — durch die Macht des nach der Tiefe fliefsenden Wassers. Die mächtigen Terrassen, welche in Stufen zu beiden Seiten der Schluchten zurücktreten, sie waren in früherer, längst entschwundener Zeit ein Flufsbett für sich, das von einem aus wasserreichem Hochgebirge herabkommenden, reifsenden Strome ausgefurcht wurde. In Jahrtausenden sank der Spiegel des Stromes tiefer und tiefer und in gleichem Mafse als die Verengung des Bettes fortschritt, ging die Erosion in tiefere Schichten hinab und sägte sich engere Thalschluchten aus. Die verschiedenen Terassenstufen und der Umstand, dafs die Seitencañons jetzt theilweise wasserleer sind, sprechen nach Dutton dafür, dafs die Hochebene während der Aushöhlungsarbeit des Stromes zeitweise gehoben worden ist, wodurch der Haupt-

[3]) Diese Felsnadel des Kanab Cañon und die Terrassenlandschaft sind in dem neusten Ausstattungsstück der Urania „Das Antlitz der Erde" zur Darstellung gebracht.

strom neue Gelegenheit zur Ausübung seiner Fallthätigkeit fand und sich tiefer in die Landscholle einnagen konnte. Begünstigt wurde die Bildung der Erosionsschluchten dadurch, dafs die allgemeine Denudation, d. h. die Verwitterung und Abtragung der Oberfläche, infolge der Trockenheit und spärlichen Vegetation des Hochlandes nur eine beschränkte war. Der Fortschritt der Erosion übertraf daher den der Verwitterung. Nach Dutton hat die Cañonsbildung erst im letzten Abschnitte der Tertiärformation, in der Pliocänzeit begonnen. Was hier also unsere Einbildungskraft in Verwunderung setzt und uns als ein Werk der Unendlichkeit dünkt, das ist vom Standpunkte des Geologen aus nur ein winziger Moment, ein Augenblick in der Geschichte des Erdenlebens. Schw.



Unterseeische Eruption bei Pantelleria.

Ueber die in der Nähe der Insel Pantelleria am 17. Oktober 1891 erfolgte unterseeische Eruption giebt A. Riccò in den „Annali dell' Ufficio Centrale Meteorologico e Geodinamico" (Roma, 1892) einen ausführlichen Bericht, aus dem wir Folgendes entnehmen.

Die zwischen Sicilien und Tunis im Mittelmeer gelegene kleine Insel ist etwa 13 km lang, 6 bis 8 km breit; sie besitzt eine Menge erloschener, noch als Solfataren thätiger Krater und heifser Mineralquellen, unter denen namentlich das „Dampfbad", eine Grotte mit zwei antiken Kammern, bemerkenswerth ist. Nachdem schon in den vorangehenden Jahren kleinere Erdbeben auf Pantelleria stattgefunden hatten — so im Jahre 1871, wo ein Theil der Nordostküste der Insel um 0,75 m gehoben wurde, — trat am 14. Oktober 1891 eine stärkere Erschütterung ein, die einige Häuser der Stadt beschädigte und ein plötzliches Versiegen der Brunnen und Quellen zur Folge hatte. Da, am 16. Oktober, wallte plötzlich die See einige Kilometer nordwestlich vom Eilande heftig empor, man sah vom Lande aus eine Rauchsäule aus dem Wasser aufsteigen, und bald darauf beobachtete man einen 850 m langen Meeresstreifen, der unter heftigem Brüllen Dampfwolken ausstiefs. Der Seismologe Dr. Errera begab sich am 18. Oktober in einer Segelbarke nach dem Orte der Eruption und fand hier eine ungeheure Anzahl von schwarzen porösen Blöcken auf der See umhertreibend, die bald nach ihrem Auftauchen explodirten, wobei die Trümmer 15 bis 20 m hoch geschleudert wurden. Man stellte eine Erhöhung der Wassertemperatur um $1^1/_2{}^0$ C. fest und suchte die Tiefe des Ausbruchs-

herdes zu bestimmen, doch liefs das in der Mitte des Streifens herabgelassene Senkblei in 350 m unter dem Seespiegel noch keinen Grund finden, während hier das Meer nach den Angaben der Schiffer vor dem Ausbruche kaum 160 m tief gewesen sein soll. Wahrscheinlich hatte sich an jenem Orte ein tiefer Kraterschlund gebildet.

Am 23. Oktober begab sich eine gröfsere Expedition, an welcher auch Riccò theilnahm, auf dem italienischen Kriegsschiffe „Bausan" nach dem Ausbruchsorte. Daselbst bot sich ein interessantes Schauspiel dar. Allerorten schossen Dampf- und Wassergarben aus der See hervor und auf der Oberfläche derselben schwammen gegen 500 schwarze Blöcke, die gewaltsam aus ihren Poren Wasserdämpfe ausstiefsen, so dafs sie auf dem Wasser kreuz und quer umhertrieben, ähnlich kleinen Torpedobooten. Diese Blöcke tauchten auf, fingen an zu fauchen und zu schwimmen, explodirten endlich mit starkem Krach und versanken wieder; sie hatten alle möglichen Gröfsen bis zu $1^1/_2$ m Durchmesser. Die Masse dieser Blöcke war so schwammig, dafs die Mitglieder der Expedition mit Eisenstäben Löcher in dieselbe hineinstofsen konnten. Aus den Löchern entwich dann sofort ein Strahl von Dampf und Wasserstaub. Mehrfach wurde die aus dem Wasser herausragende Oberfläche der Bomben mit dem Hammer zerschlagen und, nachdem der Dampf entwichen war, der Hitzegrad mit Hülfe von Metalldrähten, die man hineinsteckte, untersucht. Blei und Zinn zerflofs sofort, ebenso zerging Zink, welches 360^0 zum Schmelzen erfordert. Bei einem Block, der inwendig noch glühend roth war, konnte indefs Messing nicht zum Schmelzen gebracht werden. Die Mehrzahl der aufgefischten und näher untersuchten Blöcke war innen hohl, ihr specifisches Gewicht wurde zu 2,36 gefunden.

Das Erdbeben und der Vulkanausbruch auf Pantelleria hat sich auch in weiterer Umgebung bemerkbar gemacht. An dem Tromometer des Observatoriums zu Catania zeigten sich schon am 13. Oktober in der Richtung Pantelleria-Catania starke Schwankungen, die erst am Ausbruchstage zur Ruhe gelangten; ferner stieg am 16. Oktober die Temperatur der Quelle des „heifsen Flufses" (Fiume Caldo) in der Nähe von Mineo auf 29^0; am 17. Oktober, dem Ausbruchstage zu Pantelleria, fiel sie auf 23^0 zurück. Diese Quelle, welche mitten in Sicilien liegt, hat durch die Vorverkündung ferner Erdbeben schon eine gewisse Berühmtheit erlangt. Auch in Philippeville (Algier) wurden am 22. und 23. Oktober heftige Erdstöfse verspürt.

Der Ausbruch auf Pantelleria steht wahrscheinlich mit einer in die Tiefe setzenden Spalte der Erdrinde, die quer durch das mittel-

ländische Meer nach der an der Südküste von Sicilien gelegenen Stadt Sciacca hinläuft, im Zusammenhang. Auf dieser Verwerfungsspalte — Sciacca gegenüber, 8 Meilen ins Meer hinaus — befindet sich auch die berühmte Stelle, wo im Juli 1831 die kleine Vulkaninsel Ferdinandea aus den Meereswogen emporstieg und unter fortwährender Eruption bis zu 72 m Höhe anwuchs. Nach halbjährigem Bestehen ist diese Insel wieder verschwunden, theils durch Senkung, theils durch den Anprall des brandenden Meeres, dem die Auswurfsmassen von aufserordentlich geringer Konsistenz wenig Widerstand entgegensetzten.

Das interessanteste Phänomen, welches sich bei Pantelleria darbot, war das Auftauchen der vulkanischen Blöcke, ihr Umherschwimmen und schliefsliches Explodiren. Zur Erklärung dieser eigenartigen Vorgänge macht Riccò folgende Betrachtungen. Während des Auf- und Niederwogens der Lavamasse im Schlunde des unterseeischen Vulkans wurde Meereswasser von derselben eingeschlossen. Da die Schmelztemperatur der umschliefsenden Lava weit über 1000° beträgt, so kann das Wasser nicht zum Sieden gelangen, es mufs vielmehr flüssig bleiben und einen Zustand annehmen, den die Physiker als den „sphäroidalen Zustand" bezeichnet haben.[1]) Wenn dann die Lava durch die Berührung mit dem umgebenden Meereswasser sich abkühlt, so wird auch die Temperatur der Lavahülle sinken, so dafs das eingeschlossene Wasser aus dem sphäroidalen in den dampfförmigen Zustand übergehen kann. Es ist nun unter den angeführten Bedingungen wohl möglich, dafs die erkaltende Lavahülle einen gewissen Grad von Plastizität und Nachgiebigkeit beibehält, wenn das im Innern befindliche Wasser zu sieden beginnt. Durch Ausdehnung der Bombe kann sich in ihrem Innern ein Hohlraum bilden, der trotz des gröfseren spezifischen Gewichtes der Lava die Bombe leichter macht, als das von ihr verdrängte Wasser. Sie steigt also aus der Tiefe empor, kann auf der Oberfläche schwimmen, bis endlich der Dampfdruck des eingeschlossenen Wassers den Widerstand der Wände überwindet und ein Zerplatzen unter Ausstofsen des

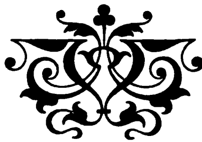
[1]) Der sphäroidale Zustand ist zuerst von dem Physiker Boutigny 1840 näher untersucht worden. Es zeigt sich, dafs Flüssigkeiten in allzu heifsen Gefäfsen nicht sieden, weil sich an den Wänden des Gefäfses eine Dampfschicht bildet, die die Wärme schlecht leitet und die Flüssigkeit trägt. Wird das Gefäfs unter eine gewisse Grenztemperatur abgekühlt, so geräth die Flüssigkeit in ein zischendes und herumsprühendes Sieden. Damit im Zusammenhange steht die Erscheinung, dafs Wasser, welches auf einer überhitzten oder gar glühenden Eisenplatte verschüttet worden ist, in mehr oder weniger kugelförmigen Tropfen umhertanzt, bevor es verdampft (Leidenfrostscher Tropfen).

Dampfes erfolgt. Viele Blöcke tauchten auf, ohne zu explodiren und sanken, nachdem der Dampf aus den Poren entströmt und das Meereswasser in den Hohlraum eingedrungen war, wieder in die Tiefe. Schw.



Die thierische Produktion von kohlensaurem Kalk. — Ein guter Theil des Felsgerüstes unseres Planeten besteht aus kohlensaurem Kalk. In unserem Erdtheil sind z. B. die Apenninen, die Gebirge der Balkanhalbinsel, die die Alpen im Süden und Norden säumenden Ketten aus kalkigem Gestein gebildet. In vielen Fällen gelang es nachzuweisen, dafs dasselbe thierischen Ursprungs ist. Die Kalkschalen von Foraminiferen thürmten sich in Jahrmyriaden zu Kreidefelsen, die Korallenthierchen sind rastlos thätig beim Aufbau von Atollen in der Südsee und die grotesken Dolomitberge Südtirols sind nichts als die Produkte ebensolcher Lebewesen, die zu einer frühen geologischen Epoche vom Meeresgrunde aus Riffe aufbauten, gegen welche die riesigsten Bauten von Menschenhand als winzige Zwerge erscheinen. Ist es auch nicht sicher, dafs einzig und allein die Erzeugnisse des thierischen Stoffwechsels in den Kalksteinen gefunden werden, bleibt auch die Möglichkeit bestehen, dafs sie theilweise aus dem Meere chemisch niedergeschlagen wurden, so ist immerhin der Antheil, der auf Rechnung thierischer Thätigkeit zu setzen ist, ein gewaltiger zu nennen. Aber woher nehmen die Thiere den Kalk? Das Meerwasser enthält bekanntlich nur ganz verschwindende Mengen davon als doppeltkohlensauren Kalk in Lösung, während das schwefelsaure Salz in viel gröfseren Beträgen vorhanden ist. Da wird denn der Schlufs nahegelegt, dafs die Thiere eine besondere Fähigkeit besitzen, den mit dem Meerwasser aufgenommenen Gips in festen kohlensauren Kalk zu verwandeln und auszuscheiden. Versuche über diese Anlage der Thiere sind neuerdings von den schottischen Gelehrten Irvine und Woodhead ausgeführt worden. Zunächst wurde versucht, ob Hühnern schon die geringe Menge kohlensauren Kalks, die sich in pflanzlicher und thierischer Nahrung findet, genüge, um Eier mit einer kalkigen Schale legen zu können, wenn ihnen aufserdem hinreichende Mengen von Gips zur Verfügung gestellt wurden. In der That zeigte es sich, dafs die gelegten Eier kalkige Schalen hatten, deren Gewicht bei weitem das des zugeführten kohlensauren Kalks übertraf und der auch nachweisbar nicht den Eingeweiden der Vögel entstammte. Es mufste der Gips im Körper der Thiere die

passende Umwandlung erfahren haben. Eben dasselbe Ergebnifs hatten Versuche, die im Seelaboratorium von Granton bei Edinburg mit Krabben angestellt wurden. Der Panzer derselben liefs sich durch eine passende Beimengung von Salzsäure zum Seewasser entfernen, aus der entstandenen Chlorcalciumlösung aber vermochten die Thiere denselben nicht wieder zu bilden, wohl aber bei einem Zusatz des phosphorsauren und schwefelsauren Salzes. Der Panzer besteht bei diesen Thieren aus Chitin, kohlensaurem und phosphorsaurem Kalk, und es scheint als ob eine Beimischung von Gips allein den Krabben noch nicht den Aufbau ihres Skeletts ermöglicht. —r





W. J. van Bebber: Die Wettervorhersage. Eine praktische Anleitung zur Wettervorhersage auf Grundlage der Zeitungswetterkarten und Zeitungswetterberichte für alle Berufsarten. Im Auftrage der Direktion der Deutschen Seewarte bearbeitet. Stuttgart 1891. X u. 171 S. 8⁰.

Die Zwecke, welche van Bebbers Buch verfolgt, wird Jedermann gutheifsen müssen. Es ist dazu bestimmt, die Grundzüge der meteorologischen Wissenschaft in gemeinfafslicher Weise einem gröfseren Publikum vorzulegen, vor allem die Bedeutung der praktischen Meteorologie darzuthun.

Meteorologen von Fach, welchen die gröfsern Lehrbücher des Herrn Verfassers bekannt sind, werden in der vorliegenden Schrift nichts wesentlich Neues finden; für sie wird die eingehende Besprechung der sogenannten Zugstrafsen der Depressionen am interessantesten sein. Die Erläuterung derselben durch zahlreiche Wetterkarten ist für den Leser aufserordentlich bequem und abwechselungsreich. Jedem der Meteorologie ferner Stehenden bietet dieses Buch vielfache Anregung und Belehrung. Es fehlt zwar nicht an kleineren Schriften, welche ein anschauliches Bild geben von den Grundlagen der modernen Wettervorhersage; sie sind jedoch fast durchweg zu allgemein gehalten, um mehr als ein vorübergehendes Interesse für den Gegenstand zu erwecken. Herr van Bebber dagegen will den Leser in den Stand setzen, sich ein eigenes Urtheil zu bilden über den Zustand und Verlauf des Wetters. Schon der Umstand, dafs in dem Buche fast 200 Wetterkärtchen abgebildet sind, zeigt, dafs der Verfasser auf die Vielseitigkeit der Erscheinungen die gebührende Rücksicht nimmt. Die Uebersichtlichkeit wird dabei gewahrt durch die Gruppirung nach den verschiedenen Zugstrafsen der Depressionen, eine Anordnung, welche sich für den vorliegenden Zweck als sehr vortheilhaft erweist.

Das Buch zerfällt in 7 Kapitel. Nach einleitenden geschichtlichen Bemerkungen wird zunächst das wettertelegraphische Material, dessen Bearbeitung und Verwerthung besprochen. Der zweite Abschnitt giebt Aufschlufs über die Grundlage der Wetterprognose, über die Aenderung des Wetters bei dem Vorübergange einer Depression und über die bevorzugten Bahnen der Minima. Die Gebiete hohen und niedrigen Luftdrucks werden in den folgenden Abschnitten behandelt. Fast die Hälfte des Buches nimmt die Betrachtung der Einzelerscheinungen in Anspruch; in diesem Kapitel liegt der Kernpunkt des Buches. Zahlreiche Beispiele zur Erläuterung aller wichtigeren Witterungserscheinungen unserer Gegenden werden hier gegeben; allerdings wird durch die reiche Austattung mit Wetterkarten das Lesen des Textes etwas erschwert. An diese Schilderung schliefst sich eine Anleitung zur Aufstellung von Prognosen mit Angabe des Wahrscheinlichkeitsgrades ihres Eintreffens. Den Schlufs bildet eine Besprechung der prognostischen Bedeutung örtlicher Beobachtungen von Temperatur, Wind, Wolken u. dgl.

Dem Buche ist eine weite Verbreitung und vielfache Benutzung zu wünschen, denn gerade der Fortschritt der praktischen Meteorologie wird in nicht geringem Maafse beeinflufst durch das Interesse und das Verständnifs weiterer Kreise. Sg.

C. Wolf: Astronomie et Géodésie, cours professé à la Sorbonne. Paris, Georges Carré, 1891.

Das Werk enthält einen Lehrkursus, welcher als Einleitung für die Studirenden der Sorbonne bestimmt ist und als Vorbereitung für eine höhere Stufe mathematisch-astronomischer Ausbildung dienen soll. Da nach dem Unterrichtsprogramm der Kursus auf die geringe Zahl von fünfundzwanzig Vorträgen beschränkt werden mufste, so ist bei der Abfassung auf die Knappheit und geschickte Auswahl des Materials sowie auf die Einfachheit der Entwicklungen besonderes Gewicht gelegt. Eine selbständige Förderung der Astronomie beansprucht der Verfasser mit der Herausgabe dieses Werkes nicht, obwohl es in einzelnen Theilen Neues darbietet. Bei der Anordnung des Stoffes ist die bekannte, feststehende Systematik astronomischer Lehrbücher befolgt; es wird zunächst eine kurze Darlegung der sphärischen Trigonometrie gegeben, darauf werden die Methoden der Winkel- und Zeitmessung und im Anschlufs daran die Grundlagen der Theorie der astronomischen Instrumente behandelt. Sodann folgen die Verwandlung der astronomischen Coordinaten, die Reductionsmethoden derselben (Refraction, Parallaxe, Präzession, Nutation, Aberration), ferner die Darlegung der Sonnenbewegung und der sich darauf gründenden Arten der Zeiteintheilung. Das Wichtigste aus der Theorie der Mond- und Planetenbewegung wird kurz vorgeführt. Den Schlufs bilden ein Hinweis auf die Grundbegriffe der Geodäsie, auf die Bestimmung des Referenzellipsoides aus Gradmessungen und endlich einige Andeutungen über Lothabweichungen und das Geoïd. In Anbetracht der in diesem Werke hervortretenden Eleganz, Kürze und Fafslichkeit, dürfte dasselbe auch auf dem deutschen Büchermarkte Verbreitung finden. Schw.





Herrn A. B., Blücherplatz Berlin. — Sie fragen: „Erscheint der Mond allen Menschen mit normalem Gesicht (!?) in derselben Gröfse und event. in welcher Grösse?"

Es handelt sich nach Ihren brieflichen Mitteilungen nur um die Frage, ob der Mond „wenn er hoch am Himmel steht", vielen gleichzeitigen Beobachtern als eine Scheibe von gleicher Gröfse erscheint, nicht aber darum, weshalb der aufgehende und untergehende Mond am Horizont gröfser erscheint als jener, worüber bereits in dieser Zeitschrift (3. Jahrgang Seite 91) einer der Herren Mitarbeiter sich ausgesprochen hat. Wenn aber der Mond im Zenith, ohne dafs seine Helligkeit sich merklich veränderte und ohne dafs die Beobachter irgend welche Anomalie zu erkennen gäben, doch für sehr verschieden grofs gehalten wird, so kann die Ursache davon nur in einer individuellen Verschiedenheit der Beobachter beruhen. Man lasse sechs gebildete Menschen mit normalen Augen, die also weder kurzsichtig noch weitsichtig sind, noch an Sehschwäche oder irgend welchem Mangel des Sehvermögens leiden, nacheinander einzeln angeben, wie grofs ihnen der Mond erscheine, so wird derjenige, welcher wettet, die sechs Angaben würden weit von einander abweichen, gegenüber demjenigen, der meint, allen sechs werde der Mond gleich grofs erscheinen, jedesmal recht behalten. Der eine hält den Vollmond für so grofs wie einen Thaler, der andere meint, er sei so grofs wie ein Suppenteller, der dritte so grofs wie ein Wagenrad. Alle haben in gewissem Sinne recht; denn wenn auch das Netzhautbild des Mondes bei den sechs Beobachtern nicht merklich verschieden sein mag, so können doch nicht die Erfahrungen über die Vergleichung ungleich grofser Gegenstände bei allen dieselben sein, und da die Entfernung des Mondes viel zu grofs ist, als dafs sie erfahrungsmäfsig mit einer irdischen Entfernung verglichen werden könnte, so fehlt das hauptsächliche Hilfsmittel zur Beurtheilung der Gröfse eines fernen Gegenstandes, nämlich die Möglichkeit, die Entfernung zu schätzen. In dieser Hinsicht verhält sich der erwachsene Mensch bis an sein Lebensende ähnlich wie das kleine Kind, welches mit dem Arm vom Garten aus in das Fenster des ersten Stocks sein Spielzeug reichen will, oder von seiner Mutter verlangt, sie solle ihm die Püppchen vom Kirchthurm herunternehmen. Jeder nicht zu kleine Gegenstand kann zur Erläuterung dienen; nur wenige Menschen sind z. B. im stande, die Höhe eines Cylinderhuts, welchen ein anderer mitten im Zimmer ihnen zeigt, so zu schätzen, dafs sie an der Wand vom Fufsboden aus dieselbe leidlich richtig angeben. Hierbei zeigen sich grofse individuelle Verschiedenheiten des Urtheils, ähnlich wie bei der Beurtheilung der Gröfse des Vollmonds. Es handelt sich dabei allemal um eine Urtheilstäuschung wegen mangelnder Vergleichsobjekte und dabei ändert sich auch bei einem und demselben Menschen das Urtheil über die Gröfse weit entfernter Gegenstände, welche er niemals berühren kann, von einem Tage zum andern gar nicht selten. Es fehlt eben die Möglichkeit, die Eindrücke des Sehsinns durch die des Tastsinns und Muskelsinns zu corrigiren.

W. Preyer.

Verlag von Hermann Paetel in Berlin. — Druck von Wilhelm Gronau's Buchdruckerei in Berlin.
Für die Redaction verantwortlich: Dr. M. Wilhelm Meyer in Berlin.



Die Methoden der unterirdischen Orientirung und ihre Entwickelung seit 2000 Jahren.

Von Prof. Dr. **Max Schmidt**,

Vorstand des geodaetischen Instituts der Kgl. Techn. Hochschule München.

Bei der Ausführung unterirdischer Bauwerke für ingenieurtechnische oder bergmännische Zwecke, wie beispielsweise von Eisenbahn-Tunnelbauten, Schacht- und Stollnanlagen für Bergwerke jeglicher Art, ist es mit Rücksicht auf deren sichere Herstellung, sowie für ihre spätere Instandhaltung und den ungestörten Betrieb ein unerläfsliches Erfordernifs, die richtige Lage dieser Bauten gegen ihre unmittelbare Umgebung auf und unter der Erdoberfläche durch sorgfältige Vermessung genau zu bestimmen.

Denkt man sich nun zu diesem Zweck eine geometrisch ähnliche Abbildung des unterirdischen Bauwerkes im Grundrifs (Fig. 1) angefertigt und alle lothrecht darüber auf der Erdoberfläche vorhandenen Gebäude, Wege, Wasserläufe und Grundstücksgrenzen in dem gleichen Verjüngungsverhältnifs auf einer zweiten durchsichtigen Bildfläche dargestellt, so kann man offenbar die gegenseitige grundrifsliche Lage aller in beiden Abbildungen angegebenen Gegenstände rasch und sicher übersehen und abnehmen, sobald man die beiden Bilder derart aufeinander legt, dafs einzelne in der Natur lothrecht übereinander liegende Punkte sich auch in den Bildern decken. In dieser Lage werden die beiden Bilder als gegenseitig orientirt bezeichnet.

Sind aufserdem auch die Haupthimmelsrichtungen durch die Lage der Nord-Südlinie auf den Planbildern angegeben, so spricht man von ihrer allgemeinen oder geographischen Orientirung; doch soll nur die

erstgenannte Orientirungsart, als die technisch wichtigere hier näher betrachtet werden.

Um die richtige gegenseitige Orientirung zu erhalten, genügt es offenbar, die geometrische Verbindung zwischen den zunächst getrennt ausgeführten Vermessungen der unterirdischen Räume und der entsprechenden Tagegegend dadurch zu sichern, dafs in beiden Aufnahmen je zwei einander entsprechende Punkte, beziehungsweise nur je ein solcher Punkt und eine von diesem Punkte auslaufende Richtung angegeben werden.

Die Lösung der Orientirungsaufgabe scheint somit auf den ersten Blick recht einfach zu sein und keinerlei Schwierigkeiten zu bieten; gleichwohl ist es erst mit den vervollkommneten Hülfsmitteln der neueren Zeit gelungen, den für die praktische Ausführung solcher Messungen erforderlichen Genauigkeitsgrad auch unter ungünstigen örtlichen Verhältnissen in befriedigender Weise zu erreichen.

Ueberblickt man die historische Entwickelung, welche die Lösung der Orientirungsaufgabe seit ihrer ersten Behandlung durch die Geometer des Alterthums im letzten Jahrhundert vor Beginn unserer Zeitrechnung genommen hat, so lassen sich entsprechend den geschichtlichen Hauptepochen im wesentlichen drei auf wissenschaftlicher Grundlage aufgebaute Lösungsmethoden unterscheiden, die dem Alterthum, der mittleren und der neuesten Zeit angehören, und im engsten Zusammenhange mit der fortschreitenden Erweiterung und Vertiefung des mathematischen Wissens dieser Zeiten stehen.

Eine rein geometrische Lösung des Orientirungsproblems tritt uns zuerst zur Zeit des Alexandriner Mathematikers Heron, der im letzten Jahrhundert vor Chr. lebte, entgegen.

Da die goniometrischen Funktionen den alten Geometern noch fremd waren, so darf es nicht Wunder nehmen, wenn wir die Orientirungsaufgabe zunächst rein longimetrisch behandelt sehen. Durch Heron[1]) erhielt die Orientirungsaufgabe folgende einfache Fassung: „Wenn eine unterirdische Strecke oder ein Stolln gegeben ist, auf der Erdoberfläche einen Punkt zu bestimmen, von welchem aus ein vertikal ausgegrabener Brunnen einen bestimmten Punkt der Strecke oder des Stollns trifft.“

Das zur Lösung dieser Aufgabe im Alterthum angewandte Messungsverfahren bestand darin, dafs zunächst unter Tage zwischen dem in der Grubenstrecke (Fig. 2) gewählten Eintreffpunkt (P_1) des neuen

[1]) Hübner, A., Heron von Alexandrien der Aeltere als Geometer etc. (Ztschr. f. Verm. 1887 u. 1888).

Fig. 1. Grundrifs eines Erzbergwerkes mit Tagegegend.

Schachtes oder Brunnens und zwei durch einen benachbarten schon vorhandenen Schacht vom Tage aus bis in die Tiefe des Stollns eingehängten Lothen (L_1 L_2), ein Zug lang gestreckter Dreiecke, aus gut ausgespannten Schnüren hergestellt und durch lineare Messungen in seiner geometrischen Gestalt möglichst sorgfältig bestimmt wurde. Steckte man hierauf an der Oberfläche des Berges, im Anschluss an die durch den Schacht in die Tiefe gehängten beiden Lothe L_1 L_2 einen zweiten Dreieckszug aus, welcher nach seiner Lage, Form und Gröfse dem ersten unterirdischen Zuge genau entsprach, so mufsten sämmtliche Dreieckspunkte beider Züge lothrecht übereinander liegen, so dafs sie durch vertikale Schächte mit einander verbunden werden konnten.

Eine nähere Ueberlegung zeigt, dafs ein solches System von Schnurdreiecken, wegen der Dehnbarkeit der einzelnen Schnüre von einem geometrisch unveränderlichen Liniensystem sich wesentlich unterscheidet und dafs überdies — infolge der bei der Ausmessung der Schnurlängen unvermeidlichen Messungsfehler — schädliche Verschiebungen in den Winkeln zu erwarten sind, die sich durch Anhäufung vergröfsern, bis an das Ende der Messung fortpflanzen und dort sehr beträchtliche Seitenverschiebungen der Zugpunkte bewirken können.

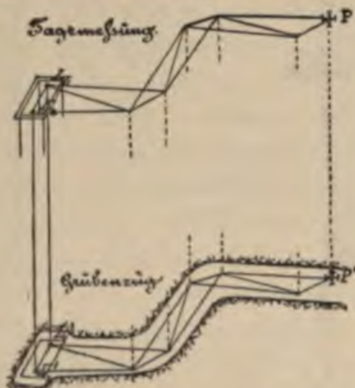


Fig. 2. **Herons Orientirungsprincip mit Dreieckszügen.** (100 a. Chr.)

Die Wirkung dieser Fehler kommt in erhöhtem Mafse zum Ausdruck, wenn von zwei entgegengesetzten Seiten her unterirdische Strecken nach einem gemeinschaftlichen Eintreffpunkt geführt oder zum offenen Durchschlag gebracht werden sollen.

Es tritt dann der höchst unangenehme Fall ein, dafs solche Strecken nicht wirklich aufeinander treffen, sondern nebeneinander vorübergehen und nachträglich nur in ungenügender Weise durch Querschläge mit einander verbunden werden können.

Noch die römische Kaiserzeit kennt, soviel wir wissen, nur die longimetrische Orientirungsmethode. Mit welchem mangelhaften Erfolg sie angewendet wurde, das zeigt uns ein neuerdings wieder aufgeschlossenes, grofsartiges Bauwerk aus der Zeit des Kaisers Claudius (41—54 p. Chr.): der in einer Längenerstreckung von nahezu 6000 m mit enormen Kosten hergestellte Entwässerungsstolln für den Fuciner

See in Mittelitalien.[2]) Dieser See, von 15000 ha Spiegelfläche und einer Wassertiefe zwischen 9 und 22 m, kommt in seiner Längenausdehnung etwa dem Starnberger See gleich, während seine Breite beiläufig das dreifache Maafs dieses letzteren erreicht. Er ist im Breitenparallel von Rom, einen Längengrad östlich der Stadt in den Abruzzen gelegen und füllt die Tiefe eines von mächtigen Höhenzügen umsäumten, stark bevölkerten Thalkessels aus. Seine Ufer sind von reich bebauten und dicht bewohnten Ländereien umgeben, deren ökonomischer Werth in der Mitte einer weit ausgedehnten, öden Gebirgsgegend ein besonders hoher ist.

Wenn infolge anhaltender Regengüsse oder mehrerer aufeinander folgender nasser Jahre die Wasserzuflüsse aus den Bergen sich mehrten, so stieg der Wasserspiegel des Sees, da dieser eines unmittelbaren Abflusses entbehrte und vom benachbarten Liri, einem Zuflufs des Garigliano, der in den Golf von Gaëta mündet, durch den steil abfallenden 300 m hohen Rücken des Mons Salviano getrennt ist. Die Schwankungen des Seespiegels erreichten in solchen Zeiten, wie neuerdings beobachtet werden konnte, das beträchtliche Mafs von 12 m. Dadurch kam es, dafs die im Bereich des Sees gelegenen Uferorte wiederholt überschwemmt und zerstört, werthvolle bebaute Uferstriche vernichtet und verwüstet, ja auch die höher liegenden Ortschaften zeitweise in förmliche Inseln verwandelt wurden.

Um diesen Ueberschwemmungen Einhalt zu thun, ordnete Kaiser Claudius eine Tieferlegung des Seespiegels an, und liefs einen Wasserabzugsstolln (Fig. 3) nach dem Liriflufs von 5700 m Länge mit 3,0 m Lichthöhe, 1,8 m Weite und 5 qm Profilfläche anlegen, welcher bei einem Sohlengefälle von 1,5 °/₀₀ geeignet war, die in übermäfsiger Fülle dem See zuströmenden Wassermassen abzuführen und so der den Uferorten drohenden Gefahr für die Zukunft vorzubeugen. Gleichzeitig wurde durch diesen Entleerungsstolln, wie neuere Funde von Spuren römischer Bewohner innerhalb des Seegebietes beweisen, die Seefläche von 15000 ha auf 7000 ha vermindert.

Bei der Ausführung dieses Stollns waren, wie Suetonius glaubwürdig berichtet, 11 Jahre lang 30000 Arbeiter beschäftigt. Zur Richtungsanweisung und Materialförderung dienten 40 vertikale Schächte von 80 bis 122 m gröfster Tiefe und eine noch höhere Anzahl flacher Schächte von 16 bis 20° Neigung.

Die Querschnittsabmessungen der vertikalen Schächte waren

[2]) Brisse et Rotrou, Desséchement du Lac Fucino par S. E. le prince Alexandre Torlonia. Rome 1876.

$4^3/_{10}$ m im Quadrat und boten Raum genug zum Einhängen der für die Richtungsbestimmung des Stollns benöthigten Lothpaare.

Im Laufe der nachrömischen Zeit gerieth das grofse Werk des Claudius mehr und mehr in Verfall; die Angriffe des Wassers hatten Einstürze im Inneren des Stollns zur Folge, die andrängenden Fluthen des Sees verstürzten auch den nicht gehörig gesicherten Einlauf und bald füllten die Wasser des Gebirges wie zur Römerzeit wieder den weiten Thalkessel des Fucinus.

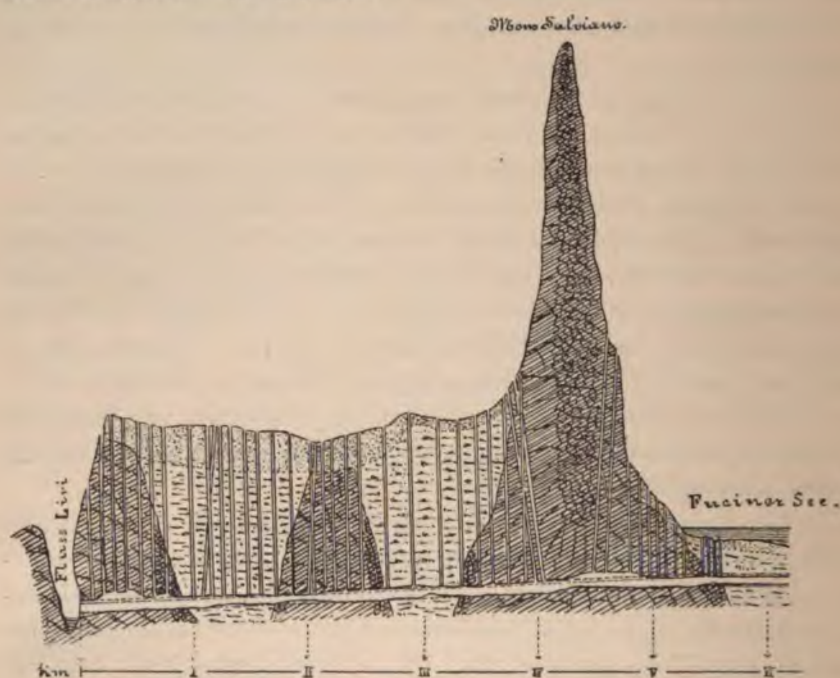


Fig. 3. **Der Entwässerungsstolln für den Fuciner See.**

Mehrere im Laufe des Mittelalters, unter anderen durch den Hohenstaufenkaiser Friedrich II. geplante Versuche, den Abflufs des Sees wieder zu öffnen, blieben erfolglos. Im Jahre 1816 gelangte die Wiederaufnahme dieses Unternehmens wiederholt zur Erwägung, allein die von der Neapolitanischen Regierung gewährten Geldmittel von 42 000 Frcs. reichten nicht aus, um den alten Wasserstolln wieder gangbar zu machen.

Erst durch die Freigebigkeit des römischen Fürsten Torlonia gelang es in den Jahren 1862—1875, das verfallene Werk in weit umfangreicherer Weise wie früher zur Zeit der Römer wieder herzustellen und mit einem Aufwand von 43 Millionen Frcs. eine Fläche

von 14000 ha kulturfähigen Landes den Fluthen des Sees abzugewinnen. Die hierbei ausgeführte Wiedereröffnung der römischen Schacht- und Stollnbaue bot Gelegenheit, die grofsen Abweichungen aufzudecken, welche sich durch fehlerhafte Orientirungsmessungen und durch unrichtige Höhenangaben bei der ersten Anlage ergeben hatten, Abweichungen, welche ein grofses Hindernifs für die rasche Wasserabführung bildeten und zum frühzeitigen Verfall des grofsen Werkes der Römer sehr wesentlich beigetragen haben.

Einen merklichen Fortschritt in der Ausführung unterirdischer Orientirungsmessungen bedeutet die in Europa zu Beginn des dreizehnten Jahrhunderts erfolgte Einführung der Magnetorientirung, die in Ostasien schon seit dem Beginn unserer Zeitrechnung bei den Bauleuten, Reisenden und Schiffern im Gebrauch war. Während vor dieser Zeit die deutschen Bergleute die Richtung ihrer Erzgänge und der auf denselben getriebenen Grubenbaue lediglich nach den Hauptweltgegenden oder nach dem Stand der Sonne zu den verschiedenen Tagesstunden bemafsen, und die Erzgänge demgemäfs nach ihrer Richtung als Morgen-, Spat- und flache Gänge unterschieden, wird vom vierzehnten Jahrhundert an die Bussole zu Richtungsangaben im Bergbau verwendet.

Der älteste Bergkompafs, den wir kennen[3]), besitzt die Form und Gröfse eines einfachen Holztellers; sein Rand war in 2 × 12 oder 24 Stunden getheilt, und eine excentrisch eingesetzte kleine Büchse enthielt eine horizontal schwebende pfeilförmige Magnetnadel. Nach vielfachen Gestaltsänderungen und Verbesserungen ist dieser Bergkompafs im Laufe der Zeit in den jetzigen Hängekompafs übergegangen, in welcher Form er bis zum heutigen Tage ein unentbehrliches Hülfsmittel bei einfacheren Orientirungsmessungen für den Grubenbau geblieben ist.

Die erste ausführliche Beschreibung des Setzkompasses und seines Gebrauches zu unterirdischen Messungen giebt der als Metallurg und Physiker berühmt gewordene Bürgermeister und Stadtphysikus von Chemnitz Georg Bauer (Agricola) in seinem 1556 zu Basel erstmalig in lateinischer Sprache gedruckten Werke „Zwölf Bücher vom Bergbau“ (de re metallica libri duodecim). Das dort beschriebene Orientirungsverfahren mit dem Berg- oder Setzkompafs (Fig. 4 u. 5) bestand darin, dafs man von einem durch Ablothen vom Tage aus in die Grubenräume projicirten Anhaltepunkte ausgehend, durch sämtliche unterirdische Strecken einen Schnurenzug spannte und für jede einzelne Schnur

[3]) Correspondenz über den Setzkompafs. Berg- und Hüttenm.-Zeitung 1879 No. 26.

dieses Zuges mit dem Setzkompaſs die Streichrichtung oder Kompaſsstunde, mit der Lachterschnur aber das Längenmaſs ermittelte.

Sollte nun die Ortung oder Projektion irgend eines Punktes des Grubenzuges über Tage angegeben werden, so steckte man den unterirdisch ausgemessenen Zug nach den beobachteten Kompaſs-Stunden und Schnurlängen von dem oberirdisch gewählten Anhaltepunkt ausgehend, auf der Tagesoberfläche wieder aus und erhielt so die Projektion des Grubenzuges über Tage.

Die Nachtheile und Schwierigkeiten, welche dieses Orientirungsverfahren mit sich bringt, schildert der Bergmeister Balthasar Röſsler

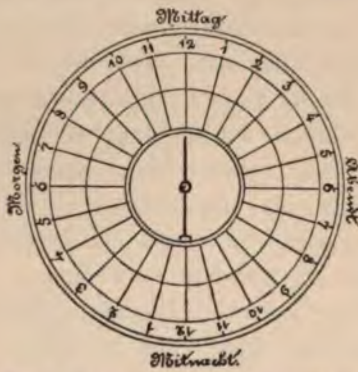


Fig. 4. **Agricolas Bergcompaſs (1556.)**



Fig. 5. **Alter bergmännischer Setzcompaſs aus dem Jahre 1711.**

zu Altenberg, der Erfinder des Hängekompasses, in seinem um die Mitte des 17. Jahrhunderts geschriebenen „Bergbauspiegel“ in sehr anschaulicher Weise, indem er bemerkt: „Es haben aber diejenigen, so nach der alten Weise markscheiden, sowohl herauſsen am Tage, als in der Grube Verhinderung in ihrem Abziehen und Markscheiden, wenn sie die Winkel herauſsen wieder abstecken, wie sie solche in den Gruben oder auf Stölln abgenommen. Bald ist der Berg zu jäh, bald hindert ein Baum oder Gestäude, bald ein Fels, bald ein Gebäude oder was anderes, Wassergräben, Pingen und dergleichen, Regen, Wind und Kälte; wie denn zu Winters Zeit nicht viel zu erreichen ist. Im Stammwald geht es zumal langsam und verhinderlich zu, daſs es also genau nicht allzeit eintreffen thut.“

Röſsler kommt dann auf die Anfertigung verjüngter Grubenbilder[4]) oder „Abrisse“ zu sprechen, die zu seiner Zeit anfingen in

[4]) Schmidt, Dr. M. Fortschritt in der Ausführung von Orientirungsmessungen mit der Magnetnadel. Sächs. Jahrb. f. B. u. H. 1888 Freiberg bei Craz & Gerlach.

allgemeinen Gebrauch zu kommen, bald aber als bequemstes und einfachstes Orientirungsmittel die gröfste Bedeutung gewannen.

Es würde zu weit führen, an dieser Stelle auch nur einen gedrängten Ueberblick über die Vortheile geben zu wollen, die nach und nach durch die Verbesserung der Kompafsinstrumente und die Vervollkommnung der mit ihrer Hilfe angefertigten Grubenrisse erreicht worden sind; nur soviel mag bemerkt werden, dafs es gegenwärtig möglich ist, mit besonders fein konstruirten magnetischen Orientirungsinstrumenten[5]), in völlig störungsfreiem, d. h. unmagnetischem Gebirge Orientirungsmessungen bis auf Bruchtheile einer Bogenminute sicher auszuführen; ein Genauigkeitsgrad, der für ingenieurtechnische und bergmännische Zwecke als hinreichend grofs erachtet werden mufs.

Allerdings unterliegt die Magnetnadel bezüglich ihrer Anwendbarkeit für genaue Messungen einer wesentlichen Beschränkung dadurch, dafs sie nur in völlig störungsfreiem Gebirge zuverlässige Angaben liefert. In allen magneteisenhaltigen Gebirgsgliedern, wie in den meisten Eruptivgesteinen, sowie in Grubenräumen mit eisernem Ausbau, über den Geleisen von Grubeneisenbahnen und in der Nähe von Bergwerksmaschinen versagt die Magnetorientirung und mufs durch andere von der Beschaffenheit der Oertlichkeit unabhängige Mefsmethoden ersetzt werden.

Solche Methoden sind aber schon in der Mitte des 16. Jahrhunderts bei den Zeitgenossen des Agricola im Gebrauch. So findet sich z. B. eine dem erwähnten alten Kompafs-Teller ähnliche Winkelscheibe als Mefsinstrument verwendet, die auf ihrer Oberfläche mehrere mit farbigem Wachs ausgefüllte, koncentrische Rillen trägt; diese Scheibe diente zur graphischen Aufzeichnung der Brechungswinkel der Schnurenzüge und zum späteren Wiederausstecken der Schnurwinkel auf der Bergoberfläche.

Fernerhin findet man diese Winkelscheibe mit Stundentheilung und einem um den Kreis-Mittelpunkt drehbaren Zeiger versehen, so dafs sie sich, wie das von den Astronomen gebrauchte Astrolabium zum Winkelmessen in Gradmafs benützen liefs. Es entstand so das wegen seines Gebrauches in Eisensteingruben als „Eisenscheibe“ bezeichnete Mefsinstrument, das im vorigen Jahrhundert durch eine Visirvorrichtung vervollständigt und mit Nonien und Libellen ausge-

[5]) Schmidt, Dr. M. Zwölf Musterblätter für Rifszeichnen nebst erläuternden Bemerkungen über die Anfertigung der Grubenrisse. Freiberg 1887 bei Craz & Gerlach.

stattet als „Katageolabium“ bezeichnet wird, bis es endlich nach weiterer durchgreifender Umgestaltung in den heutigen „Grubentheodolit“ überging.

Bei der mangelhaften Einrichtung der Bergkompässe und der geringen Zuverlässigkeit der älteren, mit so unzureichenden Hilfsmitteln angefertigten Grubenrisse ist es erklärlich, dafs mit dem Emporblühen des Bergbaues im 16. Jahrhundert das lebhafte Bedürfnifs nach besseren Methoden entstand, durch welche die gegenseitige Lage von Punkten auf und unter der Erdoberfläche sich mit gröfserer Sicherheit als bisher bestimmen liefse.

Leider sind die hierüber aus jener Zeit auf uns gekommenen Nachrichten recht spärliche zu nennen. Diese Erscheinung erklärt uns der Verfasser eines der ältesten Unterrichtsbücher über die Markscheidekunst, Dr. Erasmus Reinhold, in der Vorrede seines 1574 zu Saalfeld erschienenen Buches: „Gründlicher und wahrer Bericht vom Feldmessen, desgleichen vom Markscheiden gründlicher Unterricht,“ indem er zur Begründung seines Unternehmens, über die Markscheidekunst zu schreiben, anführt: „dafs zwar solche edle Kunst von wegen ihrer Gewifsheit und unwiderleglichen Grundes und grofsen Nutzens, defs kein Bergwerk entrathen kann, billig allen ehrliebenden und treuen Bergleuten soll lieb und werth sein, dafs aber bisher solche Kunst fast heimlich und verborgen gehalten wurde, also dafs fast Niemand, so auch das Geringste davon verstehen möchte, hat dürfen zusehen.“

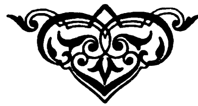
Dieser Dr. Erasmus Reinhold ist es, welcher zuerst die rein graphische Methode der Rifslegung verwirft und auf die grofsen Vorzüge hinweist, welche die trigonometrische Berechnung der Orientirungsmessungen hinsichtlich ihrer unumstöfslichen Richtigkeit biete: „an welcher Gewifsheit es bis dahin vielen gemangelt, welche ihrer Zulegung und Markscheiden nicht eher gründlich haben können versichert sein, bis man es mit offenen Durchschlägen erfahren habe.“

Reinhold hat das unstreitig grofse Verdienst, gezeigt zu haben, wie sich die wichtigsten Aufgaben der unterirdischen Geometrie mit Hilfe rechtwinkliger Dreiecke und einiger Sätze vom Kreis mit aller Schärfe lösen lassen; er lehrte nicht allein die Berechnung der Seigerteufen und Sohlen aus den gemessenen flachen Längen und Fallwinkeln der Schnüre, sondern er giebt auch im Anschlufs an Georg Peurbachs Kreisberechnung, der die indische Methode der Rechnung mit dem Sinus eingeführt hatte, und an die im Jahre 1533 erschienene Trigonometrie des Regiomontanus ein brauchbares Ver-

fahren an, die rechtwinkligen Abstände der Messungspunkte von einem nach den Haupthimmelsrichtungen orientirten Achsensystem, die er nach altrömischem Brauch „Längen und Breiten“ nennt, aus den gemessenen Streichwinkeln und söhligen Längen der Verbindungslinien zwischen beliebigen Punkten eines Messungszuges mit mathematischer Schärfe zu bestimmen.

Eine theoretisch einfache Lösung des Orientirungsproblems von hoher Vollkommenheit war hiemit zwar gefunden, aber gleichwohl blieb der Genauigkeitsgrad der Ausführung solcher Messungen noch weit hinter der Schärfe der Berechnung und namentlich auch hinter dem praktischen Bedürfnifs zurück.

(Schlufs folgt.)





Das Antlitz der Erde.

Von Dr. **M. Wilhelm Meyer** und Dr. **Paul Schwahn.**[1])

Wie viele Meilen wir hinabsteigen müfsten in die dunklen Tiefen des steinernen Panzers, welchen die Zeit um den Erdball schlug, bis wir dem vermutheten glühend flüssigen Innern begegnen, das vermag heute noch kein Gelehrter zu sagen. Nur das Eine wissen wir wohl mit Bestimmtheit, dafs die feste Erdkruste nicht, wie man ehedem glaubte, vergleichbar einer Eischaale, nur wenige Meilen dick sein kann.[2]) Zwar ist es richtig, dafs das Gestein bei gröfserer Tiefe immer wärmer angetroffen wird; es erhitzt sich seine Temperatur jedesmal bei einigen vierzig Metern Abstieg um einen Grad. Daraus würde folgen, dafs bereits bei einigen dreifsig Kilometern Tiefe eine Hitze herrscht, welche hier auf der Oberfläche die meisten bekannten Stoffe in feurigen Flufs verwandelt. Deshalb mufs, ja kann es dort unten in so grofsen Tiefen keineswegs ebenso sein. Der unfafsbar gewaltige Druck der überlagernden schweren Gesteinschichten hindert eben jede freie Bewegung der heifsen Massen; eng zusammengeprefst, bleiben sie bei Siedehitze des Gesteins hart, oder mögen höchstens biegsam jenen Kräften nachgeben, welche die majestätischen Gebirge des Erdkreises aufgerichtet haben. Weit tiefer müssen wir noch hinabsteigen, um vielleicht einem pechartig zähen Zustande des „Magmas", des glühenden Erdinnern zu begegnen, welches fähig ist, vom inneren Drucke getrieben, die Spalten und Risse der darauf lagernden Schichtungen mit dem heifsen Blute der Erde auszufüllen. Durchbricht solch ein Rifs die ganze Erdkruste bis zur Oberfläche, so kann das Magma, sich vom überlastenden Drucke mehr und mehr befreiend, und also immer flüssiger werdend, völlig bis zum Tage emporsteigen und in fürchterlichem Ergusse das Land als brodelnder Lavastrom verderbenbringend überfluthen.

---

[1]) Auszug aus einem in der Urania zu Berlin gehaltenen, decorativ ausgestatteten Vortrage.

[2]) Man vergleiche hierüber die ausführliche Abhandlung von Dr. Schwahn: „Die Ansichten der Physiker und Geologen über die innere Beschaffenheit des Erdballs" im II. Bande dieser Zeitschrift S. 399 f.

Aber längst nicht hinab bis zum Ursprung dieser Quellen glühend flüssigen Gesteins reichte jemals die menschliche Kraft; wir wissen nichts vom eigentlichen Zustande des tiefsten Innern unseres Planeten. Emporsteigend in zugänglichere Schichtungen der Erdrinde gelangen wir zu den Urgesteinen, mit denen sich die Erde zuerst bepanzerte, als ihr einstmals glühend flüssiger Ball sich oberflächlich an der Kälte des Weltraumes abgekühlt hatte. Wie Eisschollen auf dem Wasser und auch mit ähnlich kristallinischer Struktur bildeten sich die ersten Landmassen; aus Granit und Urgneis, den verbreitetsten aller Massengesteine, besteht dieser älteste Panzer. Ganz ungeheure Schichten werden an vielen Stellen der Erde von diesen Felsarten ausgefüllt, namentlich da, wo sie bis zur Oberfläche emporragen. Denn keineswegs lagern bekanntlich alle die verschiedenen Schichtungen, welche man in der Erdrinde verstreut antrifft, an irgend einem Punkte wirklich übereinander.[3]) An manchen Orten scheint es, als ob die allerersten Inseln festen Gesteins, seit Urzeiten unberührt, heute noch da emporragen, wo sie einst dem Chaos der dunkelsten Schöpfungsperiode ins Auge sahen. Doch bleibt es allerdings noch zweifelhaft, ob wirklich die primitive Erstarrungskruste der Erde irgendwo an der Oberfläche unserer Beobachtung zugänglich ist; und daher ist es noch nicht ausgemacht, ob Granit und Urgneis als die Grundformation angesprochen werden darf. Nur soviel steht fest, dafs das später geschichtete Gestein aus einer Grundformation sein Material geschöpft haben mufs.

Indem wir höher empordringen im Erdinnern, gelangen wir zu Gesteinen, welche offenbar aus Meeren abgelagert worden sind. Diese breiteten ihre heifsen Fluthen über die erstarrende Oberfläche aus und lösten das Urgestein auf, um es in mächtigen Schichten auf dem Meeresgrunde wieder auszuscheiden. Das Grauwackengestein der Silurformation ist solch ein Bodensatz der Urmeere. Und über ihm lagert der erhärtete Schlamm der folgenden Schöpfungsperiode, des Devon. Was von dem ersten häfslichen Gethier jener dunkeln Zeiten, etwa von Krebsen und Fischen in diesem Schlamme umkam, verhärtete sich mit demselben, und so graben wir die Urmodelle, welche das rastlos sich

[3]) Die Ursache des bunten Mosaiks im Baue der Erdrinde ist in Schwankungen der Erdschollen während geologischer Zeiten, in der Gebirgsbildung und dem denudirenden Einflufs des fliefsenden Wassers zu suchen, wovon wir später noch näher zu reden haben werden. Hierdurch wurden an vielen Stellen der Erdoberfläche die ältesten Gesteinsschichten zu Tage gebracht. Die Silurformation tritt z. B. in Böhmen, im Harz, im Thüringer- und Fichtelgebirge, im skandinavischen Massiv, im Ural, sowie an zahlreichen anderen Punkten Europas an die Oberfläche.

ausbreitende Leben zur ersten Hülle wählte, wieder aus und stellen uns mit ihrer Hilfe ein Bild dieser seit Jahrmillionen verflossenen Zeiten wieder her.

Auch edle Metalle bergen in eingesprengten Adern diese tiefstliegenden Sedimentschichten in besonderer Fülle. Die reichsten Goldlager kommen in der Silurformation vor, und dies hat die Vermuthung nahegelegt, ob nicht der ganze Kern des Erdballs, der zweifellos schwerere Stoffe enthalten mufs als das überlagernde Gestein, ganz aus edlen Metallen, vielleicht gar aus flüssigem Golde bestehe. Ein gar schmerzlicher Ausblick für die goldgierige Welt! Wir wandeln über einem Meere unermefslichen Reichthums, aber leider nur spärliche Tropfen fliefsen uns aus demselben zu.

Weiter emporsteigend gelangen wir in die Region der Steinkohlenflötze, der verhärteten Morastfelder der Urzeit, welche dem riesigen Unkraute jener üppigen Epoche zum modernden Grabe wurden.[4])

Dieses kostbare Material, welchem die Menschen in den Tiefen der Erde nachgraben, mufste offenbar einstmals, wie auch alle anderen, aus dem Wasser sich absetzenden Schichtungen, horizontal gelagert sein. Heute dagegen sehen wir, wie die Schichten zur Verzweiflung des forschenden Bergmanns stellenweise mächtig emporgehoben worden sind, häufig so stark, dafs sie gänzlich zerreifsen mufsten. Der Bergmann mufs es dann erfahren, dafs ein sehr ausgedehntes Kohlenlager plötzlich aufhört, durch werthloses Gestein verdrängt. Erst nach mühevollem Suchen dort unten im finsteren Schoofse der Erde findet er, oft hunderte von Metern höher oder tiefer, die Fortsetzung des Lagers wieder auf. Diese Störungen der Schichten, denen wir überall im Felspanzer begegnen, auch selbst wenn die Erdoberfläche ganz eben erscheint, und die, wenn sie letztere in Mitleidenschaft ziehen, unsere Gebirge bilden, sind die Resultate übergewaltiger Vorgänge, deren letzte Ursache nicht in unserem Planeten selbst zu suchen ist. Zwar mögen die Gluthen des Innern, von der erhärteten Kruste allzusehr eingeengt, sich oft mit ungeheurer Kraft

[4]) Man findet in diesen Steinkohlenflötzen seltener Abdrücke von Resten jener Unkrautpflanzen als vielmehr in dem einhüllenden Thonschiefer und Kohlensandstein, die oft ganze Baumstämme, die sogenannten „Kohlenpfeifen" enthalten. Durch den Verkohlungsprozefs sind in den Steinkohlen die Spuren pflanzlicher Herkunft für das blofse Auge vollkommen verwischt; behandelt man dagegen die Steinkohle mit Salpetersäure, so findet man nach dem Verbrennen in der Asche unter dem Mikroskop sehr deutliche Pflanzenzellen, wodurch die vegetabilische Abstammung der „schwarzen Diamanten" evident erwiesen ist.

einen Weg ins Freie zu bahnen streben. Weite, senkrecht hinaufziehende Spalten, mit Massen röthlichen Urgesteines angefüllt, das seine Heimath im unbekannten Gluthmeer des Innern zu haben scheint, deuten diesen Schub nachgiebiger Gesteinschichten nach der Oberfläche an. Aber die Hauptkraft, welche die Schichten verschob, faltete, brach, drang nicht von innen heraus — aus dem leeren Weltall umklammerte sie mit unsichtbarer Hand das Erdrund, diesen Spielball unvorstellbar gewaltiger Kräfte, welche das Universum bauten und regieren. Die Kälte des Weltraums war es, welche eiserne Reifen um den Planeten schmiedete, und diese immer enger und enger zusammenschnürte, so dafs das Panzerkleid zusammenschrumpfen, sich falten und zerreifsen mufste, um auf dem kleineren Raume noch Platz zu finden.

Auch in höheren Schichten begegnen wir überall den Folgen dieses ungemein langsam, aber mit unwiderstehlicher Gewalt arbeitenden Prozesses, der im Laufe der Jahrmillionen das Erdreich wogen macht wie ein sturmgepeitschtes Meer, und all' unsere Gebirge schuf. Ueber der Steinkohle lagerte sich das sogenannte Rothliegende, darüber der Zechstein, dann der bunte Sandstein und weiter der Muschelkalk mit seiner reichen Fauna an Ammoniten und Seelilien, deren verstreute Reste oft ganze Gebirgszüge ausfüllen. Die Rüdersdorfer Kalkberge bestehen aus diesem Material. Ueber dem Muschelkalk begegnen wir dem sogenannten Keupersandstein, aus welchem sich unter anderem der Helgoländer Felsen aufbaut. Ueber den Ablagerungen der Trias treffen wir das meist bräunliche, seltener weifsliche Gestein der Juraformation an, welches namentlich im fränkischen und schweizerischen Jura zu Tage liegt.

In diesem stofsen wir oft auf weite Höhlen, und ähnliche Hohlräume von ganz gewaltiger Ausdehnung müssen auch in anderen Schichten vielfach verstreut vorkommen. Auch sie können wir, wenn sie in grofsen Tiefen liegen, als die Resultate jener zusammendrängenden Kraft der Abkühlung der Erde ansprechen. Von beiden Seiten her wirkte auf das Erdreich ein seitlicher Schub ein; wo nun eine zwischenlagernde dünne Schicht über einer besonders festen nachgiebiger war, so dafs die obere, hauptsächlich geschobene Schicht auf derselben gewissermafsen rutschen konnte, da mufste die obere schliefslich, sich aufwölbend, von der unteren sich ablösen und liefs so einen Hohlraum zurück.[5])

[5]) In den oberen Schichten der Erdkruste sind Höhlen wohl ausschliefslich durch die Auslaugung des unterirdisch zirkulirenden Wassers entstanden (Tropfsteinhöhlen). In den tieferen Schichten sind indefs auch tektonische Hohlräume denkbar, die durch den Stauungsprozefs der Erdrinde entstanden sein können. Die Geodäten werden durch den Umstand, dafs die Senkrechte

Das Juragestein birgt bekanntlich die Grabmale jener ungeheuerlichen Rieseneidechsen, die in wilden Schaaren die Landschaften ihrer Zeit durchstreiften.

Höher steigend treffen wir die Kreideformation an, deren bekannteste Aufschlüsse in Norddeutschland das Rügener Gebirge und einige Stellen in Holstein sind. Nach der Kreide folgt die Tertiärperiode, in welcher die Erdoberfläche allmählich ihre jetzige Gestalt annahm, die Aufthürmung der heutigen Hochgebirge und die Entstehung der europäischen Vulkane erfolgte.

Weiter gelangen wir in das Diluvium, wo wir die Riesenleiber abenteuerlich geformter Pflanzenfresser begraben finden neben Spuren



Fig. 1. **Muthmafsliche Form des ehemaligen Vesuvkraters nach Strabo.**

der räthselhaften Eiszeit, die der ersten, fast übernatürlich mächtigen Entwicklung des Erdenlebens ein jähes Ende bereitete.

Was wir endlich über diesen Schichtungen wahrnehmen, sind die Ablagerungen unserer modernen Zeit, vielfach durchsetzt mit den Zeichen menschlicher Kultur.

Und über diese finsteren Katakomben, in welchen die Natur die Toten all' ihrer Schöpfungen vergrub, breitet sich der grüne Teppich wie zu allen Zeiten vorher aus, strahlt beglückend die lichtspendende Sonne, spinnt das Leben geschäftig den endlosen Faden weiter.

Lassen wir nun in dem Folgenden einige Momente und Landschaften

zum Erdellipsoide nicht immer mit der wahren Lothrichtung zusammenfällt, also durch die Lothabweichung zu der Annahme geleitet, dafs entweder die Erdkruste grofse Defekte der Dichte oder gar Hohlräume besitzt. Auch R. Mallets Erdbebentheorie setzt unter andern solche tektonischen Hohlräume voraus.

an uns vorüberziehen, durch welche die einstmalige und gegenwärtige Thätigkeit der Natur am Aufbau dieser Erdrinde illustrirt wird.

Zuerst wollen wir der am meisten ins Auge springenden erdbildnerischen Thätigkeit, der vulkanischen, gedenken und versetzen uns zu dem Ende zurück in die Zeiten des denkwürdigen Ausbruchs des Vesuv, welcher die Ursache des Untergangs von Pompeji und Herkulanum war.

Schon im Jahre 63 n. Chr., also 16 Jahre vor der 79 n. Chr.



Fig. 2. **Vesuvgipfel und Monte Somma in der Jetztzeit.**

eingetretenen Katastrophe fanden als Vorboten des schrecklichen Ereignisses starke Erdbeben statt, die Pompeji zum Theil zerstörten und deren Wirkungen heute noch an den Sprüngen des Mauerwerkes der ausgegrabenen Gebäude erkennbar sind. An einem solchen Gebäude wird durch ein Bildwerk, das einen einstürzenden Tempel darstellt, an dieses Erdbeben erinnert.

Aber niemand dachte mehr daran, dafs dieser schöne einsame Gipfel dort im Hintergrunde der sonnigen Landschaft, der hauptsächlich ihren unbeschreiblichen Reiz ausmacht, verderbenbringendes Feuer birgt, obwohl Vitruvius und Diodor von früheren Ausbrüchen des Vesuv berichtet hatten. — Die schwarzen Massen seines Innern waren von

üppigem Grün überdeckt, und in der weiten, vom Ringwall umkränzten Einsenkung des Gipfels weideten friedlich die Schafe.

Und doch hier gerade mündete, von Schlacken alten Auswurfs trügerisch überdeckt und verstopft, eine jener Spalten, welche in das unheildrohende Erdinnere hinabreichen. Hier mochte tief unter dem Berge sich ein unterirdischer Hohlraum befinden, wie ihn die Erdrinde vielfach birgt; und dieser Hohlraum mag sich aus dem nahen Meere mit Wasser angefüllt haben. Nun, während der unaufhörlichen Schichtverschiebungen, welche das Antlitz der Erde mit den Runzeln der Gebirgszüge überdeckt haben, mag sich gerade hier unter dem Wasserreservoir der Druck über dem heifsen Erdinnern zeitweise verringert haben, so dafs es flüssig werden und empordringen konnte. Auf Spuren ähnlicher Vorgänge stöfst man ja überall im Erdinnern, wo Gänge eruptiven Gesteins fremde Schichten durchdringen.

Aber wehe dann den Bewohnern der Oberfläche, wenn dieses feuerflüssige Gestein bis zu dem Wasser einer solchen Höhle emporsteigt! Nichts Gewaltigeres giebt es, als die vom Feuer entfesselten Atome des sonst so freundlich dahinfliefsenden Wassers; nichts, auch nicht der stärkste Steinpanzer hält dasselbe in schützenden Banden.

Kurz vor dem Ausbruch sieht man alsdann in der Regel den weifsen Wasserdampf aus den zitternden Fugen des Berges hervordringen. Aber diesem kurzen Vorspiele folgt mit erschreckender Plötzlichkeit die Katastrophe. Mit fürchterlichem Krach wird das hindernde Erdreich hinweggeschleudert; anstatt der weifsen breitet sich eine schwarze Wolke über dem verhängnifsvollen Berge aus und schwillt mit unheimlicher Schnelligkeit an. Sie verhüllt alsbald das schöne Blau des Himmels, und Dunkelheit bricht selbst um die Mittagszeit herein. Feurige Garben schiefsen durch die schwarze Wolke empor; — das sind Steine, Asche, Fetzen der feurigen Fluth im Innern, welche meilenweit in die Luft hinausgeschleudert werden. Die Asche beginnt niederzufallen und versengt rings das fruchtbare Land, es in Nacht und Todesschleier hüllend, wenn nicht die höllische Gluth es schauerlich beleuchtet.[6]) Alle Elemente empören sich; zu dem unterirdischen

---

[6]) Ueber die gewaltigen Eruptionsmassen, welche bei Vulkanausbrüchen ausgeschleudert werden, liegen einige Schätzungen von Geologen vor. Nach Zollikofers Angaben betrug die vom Tomburu auf Java im Jahre 1815 ausgeschleuderte Asche $2^1/_2$ Kubikmeilen; bei dem jüngsten Ausbruche des Krakatau wird von dem holländischen Geologen Verbeek die Auswurfsmasse von Asche und Bimstein auf 18 Kubikkilometer geschätzt.

gesellt sich der Donner in den Lüften, und aus der schwarzen Wolke zucken wilde Blitze vernichtend nieder. Mit dem Aschen- und Steinregen mischen sich die niederströmenden Fluthen der Wolken zu einem schwarzen erstickenden Schlamme, der aus den Lüften auf die zu Tode geängstigten Geschöpfe der Natur herabstürzt. Und nun quillt auch der verderbenbringende feuerflüssige Strom aus dem kreissenden Berge hervor und die rothen Riesenschlangen züngeln den Feuerberg hinab. Blühende Städte werden begraben unter flüssigem Gestein. — Nirgends mehr giebt es eine Rettung! Alle Gesetze der Natur scheinen gestürzt! Selbst das ewige Meer verläfst seine Marken; es zieht sich entsetzt zurück von den wankenden Ufern, um alsbald in fürchterlicher Wuth wieder heranzustürmen, auch jene Unglücklichen verschlingend, welche auf seinen Wogen Rettung suchen wollten. Die Fluthbewegungen des Meeres bei Erdbeben und vulkanischen Paroxysmen sind oft verheerender als die unmittelbaren Wirkungen des Ausbruches selbst. Bei dem Krakatau-Ausbruch im Jahre 1883 soll die vom Feuerberge ziemlich weit entfernte Stadt Batavia durch eine Fluthwoge überschwemmt worden sein, welche sich in Form einer 30 m hoch ansteigenden Mauer heranwälzte. — Nach Plinius Zeugnifs haben auch im Golfe von Neapel ähnliche Meeresschwankungen im Jahre 79 stattgefunden.

Schildern wir diese Schreckensscenen mit den Worten eines Augenzeugen, des jungen Plinius, der in Misenum, vier Meilen vom Vesuv entfernt, weilte. Die Schilderung ist aus zwei Briefen des Genannten an Tacitus entlehnt, in denen er die näheren Umstände des Todes seines Oheims, des bekannten Naturhistorikers Plinius darlegt. Letzterer wurde ein Opfer seiner Wifsbegierde, indem er sich zu nahe an den erzürnten Bergriesen wagte und wahrscheinlich durch Dämpfe und Schwefelgase erstickt wurde. „Meine Mutter", so schreibt jener, „bat, ermahnte, befahl mir, auf jede Weise zu fliehen; ich, ein Jüngling, könne es noch, sie, vom Alter schwerfällig, wolle gern sterben, wenn sie nicht die Ursache meines Todes würde. Ich dagegen erwiderte ihr, ich wolle mich nicht retten ohne sie; dann ergriff ich ihre Hand und zwang sie, ihren Schritt zu beschleunigen. Sie willfahrt mir ungern und klagt, dafs sie mich aufhalte. Schon fiel Asche, doch noch spärlich. Ich sah mich um, da kam von rückwärts dichtes Dunkel heran, das, einem ausgebreiteten Strome gleich, uns nacheilte. Gehen wir etwas abseits, sagte ich, so lange wir noch etwas sehen, dafs wir nicht, auf dem Wege fallend, von dem Schwarm der Fluchtgenossen im Dunkel zertreten werden. Kaum hatten wir uns niedergesetzt, da

brach das Dunkel herein, nicht wie in einer mondlosen oder nebligen Nacht, sondern wie in einem rings verschlossenen Raume ohne alles Licht. Nun hörte man das Klagen der Frauen, das Schreien der Kinder, das Rufen der Männer; diese riefen nach ihren Eltern, jene nach ihren Kindern, andere nach ihren Gatten; sie erkannten sich an ihren Stimmen. Diese bejammerten ihr eigenes Unglück, jene das der Ihrigen, manche baten in der Todesangst um den Tod. Viele flehten zu den Göttern, mehrere meinten, es gäbe keine Götter mehr und es sei die letzte, ewige Nacht für die Welt gekommen."

Das war vier Meilen vom Vesuv entfernt. Dort konnte man sich noch retten. Ueber das unglückliche Pompeji aber brach alsbald im Dunkel der Nacht, ganz unvorhergesehen, ein Meer von Schlamm und Asche herein, das dem entsetzlichen Berge und den schwarzen Lüften entströmte und plötzlich wogend in alle Häuser, in die dichtverschlossenen Räume, überall eindrang. Das war der Schlufsakt des schauervollen Dramas. In wenigen Sekunden war's geschehen um eine Welt von Lebenslust. — Dem Aufruhr der Elemente folgte die noch fürchterlichere Ruhe des Todes, und den Katakomben der Schöpfung war ein neues Stockwerk hinzugefügt. —

— — —

Doch nicht zufrieden mit diesen Tausenden von Opfern, regte sich der wilde Bergriese in kommenden Jahrhunderten immer wieder aufs neue. Sein scheinbarer Schlummer während langer Zeit war der tückischen, athemlosen Auflauer zu vergleichen, mit welcher mordlustige Bestien ihre Opfer in Sorglosigkeit zu wiegen pflegen, bis sie plötzlich mit wuchtiger Tatze brüllend aus dem Versteck hervorbrechen.

Der Vesuv blieb nach diesem entsetzlichen Paroxysmus eine Zeit lang ruhig; nur kleinere Ausbrüche werden von da ab bis zum 14. Jahrhundert gemeldet; dann versank er völlig in einen dreihundertjährigen Schlaf. An die verschütteten Städte, an all' die Todesschrecken, welche die Höllengeister des Feuerberges einer ganzen Bevölkerung bereitet hatten, dachte man nicht mehr. Ueber dem verhärteten Lavastrome, unter dem Herculanum begraben lag, baute man neue Heimstätten, Portici und Resina, und über dem Leichenfelde von Pompeji mit all' seinen verlassenen Schätzen breitete sich ein wogendes Kornfeld; nichts ahnend säete und erntete hier der Landmann. Den Gipfel des Berges überzog wie ehedem ein grüner Teppich, und weidende Heerden freuten sich der unübertroffenen Fruchtbarkeit dieser wundervollen Landschaft. —

Aber der schöne Friede sollte noch nicht dauernd hierher zurückkehren. Während der Vesuv zwar noch ruhig blieb, erinnerten die unheilvollen Mächte der Unterwelt die Menschen durch ein wahres Wunder an ihre ruhelos wühlende Existenz. Im Jahre 1538 erhob sich plötzlich ohne irgend welche Vorzeichen nördlich vom Vesuv im Golf von Bajä ein neuer Berg, der „Monte nuovo", 428 Fufs hoch, in weniger als zwei Tagen aus der Ebene und steht heute noch wie damals an diesem Platze. Die Entstehung des Monte nuovo auf den phlegräischen Feldern hat namentlich den Vertheidigern der sogenannten vulkanischen Erhebungstheorie eine Stütze geboten. Doch sind in der Neuzeit unleugbare Zeugnisse erbracht worden, welche dafür sprechen, dafs kein Vulkan durch Auftreibung von Erdschichten entstehen kann, sondern nur durch Aufschüttung von Auswurfsmassen durch eine Spalte der Erdrinde, ohne die Schichten derselben zu stören (Aufschüttungstheorie). Bei dem Monte nuovo ist diese Aufschüttung in sehr schneller Zeit, in wenigen Tagen, erfolgt.

Wenn dieses Ereignifs glücklicherweise keine erheblichen Opfer forderte, da es in unbevölkerter Gegend eintrat, so fanden dagegen ein Jahrhundert später, am 16. Dezember 1631, als das feurige Ungeheuer von neuem schrecklich erwachte, mehr als 3000 Menschen ihren Tod; die ganze Campagna wurde verwüstet, 110 Städte der Umgebung in Mitleidenschaft gezogen.

Seitdem ruht die Thätigkeit des Vesuvs niemals mehr ganz. Aber die Bevölkerung hat sich an den unheimlichen Gast mittlerweile gewöhnt, ja man sieht ihn beinahe gern, denn man glaubt — und wohl nicht ganz mit Unrecht —, dafs er die Ursache der grofsen Fruchtbarkeit der Landschaft sei. Wenn er Böses im Schilde führe (so geht die Sage), liefse er Nachts auf seinem Bergabhange ein feuriges Kreuz erscheinen — die höher steigende, aus den Spalten hervorleuchtende Lava mag die Erscheinung bewirken. — Alsdann tragen die Landbewohner wohl ihre Ruhelager vor die Häuser und schlafen ohne grofse Sorgen in der freien dufterfüllten Luft, unter dem Schutze italischen Himmels. Mag der schwarze Riese auch donnern und toben, hinter ihm steigt dennoch immer wieder ein neuer leuchtender Tag segenspendend empor.

Vor jenem grofsen Ausbruche im Jahre 79 war der Vesuv von ziemlich regelmäfsiger Gestalt (siehe Fig. 1); sein Gipfel bildete einen vollständigen Ringwall. Während der Katastrophe wurde aber fast die Hälfte des letzteren, welche gegen das Meer und die unglücklichen Städte gerichtet war, niedergerissen, und nur die andere Hälfte, der sogenannte

Monte Somma, erhebt sich noch heute als imposantes Amphitheater, auf welchem die Zuschauer des grofsen Naturschauspiels Platz zu nehmen pflegen, das der am Fufse der Somma aufgerichtete eigentliche Auswurfskegel des Vulkans von Zeit zu Zeit darbietet. Durch diesen Aschenkegel und den Monte Somma gewinnt heute der Vesuv jene eigenthümlich zweihöckrige Gestalt (siehe Fig. 2), deren schöne Wellenlinie den entzückenden Reiz der Landschaft des Golfs von Neapel so wesentlich erhöht.[7])

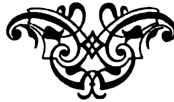
Die unbeschreiblich gewaltigen Wirkungen der vulkanischen Kräfte, von denen alle Zeitalter Zeugen gewesen sind, und deren fast immer ganz plötzliches Hereinbrechen ihre Schrecken vertausendfältigt, mufsten nothwendig einen nachhaltigen Eindruck auf die Menschheit hervorbringen. So war es nicht zu verwundern, dafs man beim ersten Nachdenken über die Ursachen der vielseitigen Reliefgestaltung der Erdoberfläche, den Vulkanismus als die treibende Kraft der Gebirgsbildung ansprach. Das Eindrucksvolle, ins Auge Springende wird eben, besonders, wenn es den Menschen in Mitleidenschaft zieht, auch ganz natürlich zuerst ergriffen. Man dachte sich ein gluthflüssiges Meer nahe unter unseren Füfsen, nur durch eine bedenklich dünne Erdkruste von uns getrennt. Die innere Gluth, von der Erdrinde allzu sehr eingeengt, sollte dieselbe da, wo heute die Gebirge stehen, mächtig aufgewölbt haben, ohne sie allerdings in den meisten Fällen durchbrechen zu können, wie es nur vereinzelt bei den Vulkanen eingetreten ist.

Wenn man dagegen gewisse Aufschlüsse der Erdrinde näher betrachtet, so müssen bald Zweifel über die Stichhaltigkeit dieser Meinung entstehen. Ganz hinfällig wird sie, sobald wir der Erdoberfläche selbst forschend näher treten. Auffällig ist es da zunächst, dafs die meisten Gebirge der Erde, selbst die mächtigsten, wie der Himalaya, sich aufthürmten, ohne dafs der Durchbruch eines Vulkans in der näheren oder selbst entfernteren Umgebung erfolgte, während andererseits wieder sehr viele Vulkane in ganz ebenen oder doch sehr wenig gebirgigen Gegenden auftreten. Eine Ausnahme hiervon, welche für die vulkanische Erhebungstheorie allerdings wohl auf den ersten Blick sprechen könnte, bildet der imposante Gebirgszug der Anden. Gelingt es nun aber einmal, das Innere eines jener Feuerberge aufzu-

[7]) Eine Beschreibung des ursprünglichen Ringwalles des Vesuvs, von dem die Somma einen Rest vorstellt, hat uns Strabo, der Geograph des Alterthums, hinterlassen; auch Florus berichtet darüber.

decken, so sieht man unzweideutig, dafs sein Aufbau in ganz anderer Weise erfolgte, als der der Kettengebirge. Die Kräfte, welche den fürchterlichen Ausbruch verursachten, waren doch fast nie im stande gewesen, die Schichtungen, welche sie durchbrachen, wesentlich aufzubäumen oder überhaupt aus ihrer Lage zu stören. Der Vulkan selbst besteht immer nur aus den neben seinem Schlunde aufgehäuften Massen ausgeworfenen Materials, aus Tuff- und Lavaschlacken, wie es schon vorhin bei Gelegenheit des Monte nuovo angedeutet wurde.

(Fortsetzung folgt.)





Über die Wärme des Mondes.

Durch die klassischen Arbeiten von Langley über das Wärmespektrum des Mondes (1885) sind wir zur Gewifsheit darüber gelangt, dafs uns von demselben nicht blos die reflektirte Sonnenwärme zugestrahlt wird, sondern auch von seiner eigenen Wärme noch etwas zu gute kommt. Sie zeigten, dafs die Temperatur der Mondoberfläche kaum geringer als die des schmelzenden Schnees sein könne. Zu demselben Ergebnifs war bereits 1869—1872 Graf Rosse gelangt, welcher die Mondstrahlen in dem dreifüfsigen Spiegel von Parsonstown sammelte und Andeutungen dafür fand, dafs der Mond die ihm zugesandten Strahlenmassen nicht sofort reflektirt, sondern zum Teil verschluckt und erst nach einiger Zeit die so gesammelte Eigenwärme wieder von sich giebt. Aber diese Beobachtungen waren durch die Messungen des Dr. Boeddicker, der auf der Sternwarte des Lord Rosse thätig ist, bei Gelegenheit der totalen Mondfinsternifs vom 4. Oktober 1884 nur sehr unvollkommen bestätigt worden, obgleich die dabei benutzten Instrumente keine anderen waren, wie diejenigen, die Rosse angewendet hatte. Erst ein erneuter Versuch, während der totalen Mondfinsternis vom 28. Januar 1888 mit dem dreifüfsigen Spiegel, aber mit verfeinerten Wärmemessern angestellt, zeigte in den Aenderungen der Mondwärme denjenigen Gang, den man nach Langleys Bemerkungen erwarten mufste, und ist darin auch in Uebereinstimmung mit einer von Frank Very, dem Mitarbeiter Langleys im Alleghany-Observatorium, angestellten Untersuchung, welche den von der Utrechter Gesellschaft der Künste und Wissenschaften für die Ergründung der Variationen der Mondwärme mit der Phase ausgesetzen Preis erhielt. Das Instrument, das auch bei den Langleyschen Beobachtungen gedient hatte, war ein Bolometer mit einem sehr empfindlichen Galvanometer. Mit Hülfe eines Hohlspiegels wurde ein 3 cm messendes Mondbild entworfen. Dieses läfst sich dann in zwei Weisen verwenden, indem man nämlich entweder das

ganze Mondbild auf die empfindliche Oberfläche des Bolometers projizirt oder nur den Einflufs besonderer Regionen des Mondes auf dasselbe studirt. Bei der letzteren, von Very angewendeten Methode, wird das Mondbild auf ein weifses Papier geworfen, das durchlocht ist, um gerade den Strahlen derjenigen Region, deren Wärme gemessen werden soll, den Durchgang zu gestatten. Die Resultate dieser Methode hat Very in acht Mondkarten niedergelegt, von denen jede die Beobachtungen einer Nacht darstellt, denn er zog es vor, sich auf wenige gute Beobachtungsnächte zu beschränken, statt viele von geringerer Güte zu Grunde zu legen. Auf diesen Karten hat Very diejenigen Stellen markirt, deren Wärme gemessen worden ist, und danach sind Isothermen konstruirt worden. Damit ist es denn möglich, die Schwankungen in der Strahlung irgend einer besonderen Gegend des Mondes bei verschiedenem Stande der Sonne zu verfolgen. So kann man z. B. an dem Rande des Mondes, wo die Sonne untergeht, die Wärme schneller abnehmen sehen, als sie auf der Seite zunimmt, an der die Sonne aufgeht. Beim Uebergang von höheren in niedere Breiten findet ein regelmäfsiger Wandel statt. Die Beobachtungen während der Mondfinsternifs vom 16. Januar 1889 sind mit Rosses Messungen in Uebereinstimmung, denn die Symptome einer geringen Wärmeabsorption durch den Mond zeigten sich auch hier. Er strahlt uns ebenso gut Wärme zu, wie er die ihm zugehende zurückwirft. Die von der Sonne über ihn ausgegossenen Wärmestrahlen sendet er nicht alle gleichzeitig zurück, wie die kurzwelligen Lichtstrahlen, sondern er verschluckt vielmehr einen — wenn auch geringen — Theil auf kurze Zeit, welcher genügt, den Mondbergen und seinen Ringwällen zu einer Temperatur zu verhelfen, die — wie schon Langley fand — im Vergleich zu der des Weltraumes hoch ist. Ein sicherer Beweis dafür ist die Verzögerung, welche der Eintritt des Wärmeminimums während der Verfinsterung erfuhr. Während die Lichtstrahlen bei Eintritt des Mondes in den Erdschatten augenblicklich verschwinden, fährt seine Oberfläche fort, einen geringen Betrag von Wärme auszustrahlen, die er augenscheinlich vorher aus den während des langen Tages von 300 Stunden ihm zugesandten Sonnenstrahlen aufgesogen hatte.[1]) Eine andere Erscheinung, die auch Boeddicker 1884 und 1888 wahrgenommen hat, ist die, dafs der Mond, nachdem das volle Licht der

[1]) Dies erinnert an die von Gautier bei Gelegenheit der letzten totalen Mondfinsternifs ausgesprochene Vermuthung, dafs der Mond auch die chemisch wirksamen Strahlen der Sonne in sich auf einige Zeit aufzuspeichern vermöge (Vgl. H. u. E. vorl. Jahrg., S. 236).

Sonne zurückgekehrt ist, nicht sofort auch seine ganze wärmende Kraft zurückerlangt. Vielleicht läfst dies sich dadurch erklären, dafs der Mond noch Strahlenmassen der Sonne bis zur Sättigung in sich aufnehmen mufs, bevor ihm die Vollkraft seiner Wärmewirkungen wiederkommt. Ferner ist es ziemlich wahrscheinlich, dafs die hellen Gegenden des Mondes während der Mitte des Mondtages uns etwas mehr Wärme zustrahlen als die dunklen, aber freilich nur bei höherem Stande der Sonne, während bei niederer Sonnenhöhe das Verhältnifs sich umkehrt.

Wenn man ferner mit Very die Mondoberfläche in Elemente theilt, und die ihnen entsprechenden Wärmemengen gehörig zusammenfügt, so ergiebt sich daraus die gesamte Wärme des Mondes in den verschiedenen Phasen. Very hat diese Ergebnisse in einer Kurve niedergelegt, die trotz der geringen Zahl genauer Messungen mit der von Lord Rosse aus einem weit reicheren Material erlangten gut übereinstimmt. Man kann diese Kurve, welche die Abhängigkeit der Mondwärme von der Phase darstellt, mit derjenigen vergleichen, welche Zöllner für den Zusammenhang des Mondlichtes mit der Phase abgeleitet hat. Dabei zeigt sich ein wesentlicher Unterschied. Das Maximum, welches das Mondlicht im Vollmond erreicht, ist viel ausgesprochener als das Wärmemaximum, oder mit andern Worten: das Verhältnifs der sichtbaren zu den wärmenden Strahlen des Mondes wechselt mit der Phase, es ist geringer im ersten und letzten Viertel, als beim Vollmond. Auch hier zeigt sich wieder die langsame Abnahme der Wärme vom Vollmond bis zum letzten Viertel, der ein viel stürmischeres Anwachsen vom ersten Viertel bis zum Vollmond entspricht.

War so auch das in Parsonstown erlangte Resultat voll bestätigt, so liefsen sich doch über die Mondwärme noch eine Reihe von Fragen stellen, deren Beantwortung sich C. Hutchins unterzogen hat. Er bediente sich dabei eines neuen Thermographen, der mit dem Bolometer nichts zu thun hat. Er besteht aus einem kleinen konkaven Spiegel, in dessen Brennpunkt sich ein einziges Thermo-Element — eine Verbindung eines Drahtes von Eisen mit einem solchen von Nickel befindet. Dieser einfache Apparat ist zwölfmal so empfindlich wie eine ältere Thermosäule, die aus 48 Elementen bestand. Um seine Wirkung zu erproben, wurde zunächst die Strahlung einiger Felsarten, meist von vulkanischem Ursprunge untersucht, und dabei eine merkwürdige Uebereinstimmung in den Messungen erzielt. Für die Mondwärme wurde eine ähnliche Vorrichtung, wie das Herschelsche Teleskop

verwendet, dem an Stelle des Okulars der Thermograph beigegeben war. Folgendes sind die Ergebnisse der Hutchinsschen Versuche:

Die Wärmemenge, welche die Erde von ihrem Begleiter empfängt, beträgt nur den 184560 sten Theil derjenigen, die ihr von dem Tagesgestirn zukommt. Die Frage, ob etwa die irdische Lufthülle einem Theil der Mondstrahlen den Durchgang wehrt, oder allen den Zutritt zur Erdoberfläche ungeschwächt gestattet, liefs sich bei der Mondfinsternifs vom 28. Jan. 1888 dahin beantworten, dafs nur ein geringer Theil jener Strahlen von der Atmosphäre abgeschnitten wird. Eine Vergleichung der von verschiedenen Gesteinen zurückgeworfenen Mond- und Sonnenstrahlen zeigt, dafs das wählerische Verhalten jener in Beziehung auf die Absorption der Strahlen für sich ungenügend ist, die grofse Menge von Mondstrahlen, die uns noch während der totalen Finsternisse zukommen, zu erklären. Endlich wurde der Wechsel jener Strahlung mit der Höhe des Mondes über dem Horizonte untersucht und aus der erhaltenen Lichkurve gefunden, dafs wenn der Mond im Zenith steht, bei gewöhnlichem Luftdruck der neunte Theil seiner Strahlen von der Atmosphäre verschluckt wird. Sm.



Photographische Entdeckung von Planeten.

Es ist in dieser Zeitschrift zu verschiedenen Malen über den Aufschwung, welchen die Anwendung der Photographie auf dem Gebiete der Astronomie gegenwärtig nimmt, berichtet worden. (Man siehe namentlich darüber den Artikel unsers Mitarbeiters Dr. Scheiner im I. Jahrgang von „Himmel und Erde".) Wir haben jetzt Gelegenheit, abermals über eine Erweiterung des Gebietes der Himmelsphotographie einige Mittheilungen zu machen.

Alljährlich werden aus der Gruppe der sogenannten kleinen Planeten, welche zwischen Mars und Jupiter um die Sonne kreisen, eine beträchtliche Anzahl neuer Objekte mit Hilfe der Refraktoren aufgefunden; die Namen der Finder, wie J. Palisa, Peters, Charlois u. s. w., sind jedem Leser wohl bekannt. Diese kleinen Planeten gleichen ganz den Sternchen 11., 12. und geringerer Gröfsenklasse und unterscheiden sich im Aussehen durch nichts von Fixsternen. Sie werden von den Entdeckern zumeist auf die Art gefunden, dafs die gesamten schwachen Sternchen eines kleinen Himmelsabschnittes mit Hilfe eines Mappirungoculares in eine Karte eingetragen werden und dafs am nächsten Beobachtungsabend diese Arbeit wiederum vorgenommen wird;

findet sich dabei ein Objekt vor, welches seinen Platz unter den Sternchen verändert, also sich weiter bewegt hat, so ist sehr wahrscheinlich, dafs dieses Objekt zu den kleinen Planeten zählt, welche Vermuthung durch weitere Beobachtung gesichert und schliefslich durch die Rechnung (schon zwei Beobachtungen gestatten die Bestimmung einer Kreisbahn) zur Gewifsheit erhoben wird. Da der Beobachter nicht selten ein beträchtliches Stück des Himmels mappiren und öfters repetiren mufs, so ist das Finden neuer Planeten immerhin eine Sache, die Beharrlichkeit und Zeit fordert; noch unangenehmer wird diese Arbeit in Fällen, wo es sich um die Nachsuchung nach früher bekannt gewesenen Planeten handelt, die infolge mangelhafter Berechnung ihrer Bahnen nicht genau genug am Himmel angebbar sind, oder solcher, deren Beobachtung durch mehrere Oppositionen hindurch nicht gelungen ist, sogenannter „verlorener" Planeten, und welche infolge dessen das zu ihrer rechnerischen Sicherung erforderliche Beobachtungsmaterial nicht haben liefern können. Nach der Erfindung der photographischen Doppelobjektive lag nun der Gedanke nahe, die Aufsuchung der kleinen Planeten mittelst der photographischen Platte vorzunehmen. Da diese Apparate aufser dem photographischen Fernrohre auch noch ein zweites Rohr besitzen, welches die Kontrole gestattet, ob derselbe Stern während der ganzen Dauer der Exposition der Platte im Fernrohre an derselben Stelle bleibt, lassen sich durch öfteres Reguliren der Stellung des Instrumentes scharfe Bilder der Sterne auf der Platte erlangen. Findet sich unter der zu photographirenden Sternpartie ein kleiner Planet, so wird derselbe im Verlaufe einiger Zeit, da er sich während derselben zwischen den anderen Sternen in gerader Linie eine Strecke weiterbewegt, eine Spur seiner Fortbewegung, und zwar in Gestalt eines kurzen Striches, auf der Platte markiren. Diese Methode, photographisch kleine Planeten zu suchen, wurde früher schon von einem englischen Astrophysiker empfohlen, scheint aber bisher an der Beschaffenheit der verwendeten Apparate gescheitert zu sein. Seit längerer Zeit gebraucht nun Max Wolf in Heidelberg für denselben Zweck Doppelobjektive von kurzer Brennweite, welche Lichtstärke mit einem grofsen Gesichtsfelde vereinen. Die von ihm erzielten photographischen Platten haben etwa die Gröfse des Formates der vorliegenden Zeitschrift und enthalten einen aufserordentlichen Reichthum von Sternen. Unter dem Gewimmel unzähliger schwarzer Pünktchen, deren viele erst durch Gebrauch einer Lupe sichtbar werden, bemerkt man bisweilen ein ganz kurzes feines Strichelchen, die Spur eines kleinen Planeten, welche bei entsprechender Ver-

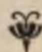
gröfserung klar und scharf als eine gerade Linie von nicht unbeträchtlicher Länge dem Auge sichtbar wird. Der bedeutende Erfolg, den Herr Wolf bis jetzt schon erzielt hat, wird einleuchtend durch die Bemerkung, dafs auf den von ihm an den wenigen für photographische Beobachtungen brauchbar gewesenen Abenden seit Anfang Dezember bis Ende März erlangten Platten sich fünf neue Planeten, mehrere noch zweifelhafte, und die meisten der bekannten in gegenwärtigem Frühjahr in Opposition kommenden Planeten vorfinden; nur die lichtschwächsten dieser Planeten fehlen und selbstverständlich auch jene, welche nicht im Bereich der Grenzen des Himmels lagen, innerhalb welcher Wolf bisher photographirt hat.

Die Vortheile, die unserer Kenntnifs über die Zone der kleinen Planeten aus dieser neuen Auffindungsmethode erwachsen, dürften wahrscheinlich bedeutende werden. Da die Bilder der Sterne auf den Wolfschen Platten deutlich und scharf sind, ist eine Revision ein und derselben Himmelsgegend an einem Abend nicht nothwendig, man kann zu einem weiteren Himmelsabschnitt schreiten und die Wiederholung des früheren auf einen nächsten Abend verschieben. Hierdurch wird die Arbeit des Planetensuchers wesentlich einfacher und bequemer als bisher, und die Zahl der neuen Funde wird durch das photographische Verfahren jedenfalls eine schnelle Erhöhung erfahren. Die Ausmessung der Entfernungen eines Planeten von den ihm benachbarten Sternen, von welchen sich in unseren Sternkatalogen zumeist einige ihrer Position nach gut bekannte vorfinden und die Berechnung der Position des Planeten[1]) hieraus zur Verwerthung für die Bahnbestimmung dieses Planeten, kann zu jeder beliebigen Zeit geschehen, da sich die Platten bei gehörigem Schutze beliebig lange aufbewahren lassen. Man kann dann in Ruhe bei den einzelnen, einer Fortbewegung verdächtigen Objekten die Ephemeriden oder die Bewegungsverhältnisse mangelhaft bekannter oder „verlorener“ Planeten vergleichend zu Rathe ziehen und entscheiden, ob man es mit einem neuen Objekte oder mit irgend einem schon früher einmal beobachteten Planeten zu thun hat. Bei Nachsuchungen nach älteren Planeten hat man den Vortheil, dafs die berechnete Position derselben bei weitem nicht so genau zu sein braucht, wie es für die Nachsuchung mittelst des Fernrohrs nothwendig ist; es genügt eine ungefähre Kenntnifs der Un-

[1]) Es soll hier noch besonders bemerkt werden, dafs die aus den Platten entnommenen Planetenpositionen, so viel hierüber bis jetzt Erfahrung vorliegt, keineswegs an Genauigkeit hinter den mittelst unserer Mikrometer ausgeführten direkten Beobachtungen zurückstehen.

sicherheit seiner fraglichen Position, um ihn jederzeit wieder durch das photographische Beobachten sichern zu können. Bedenkt man aber, welche sehr bedeutende Zeit die genaue Berechnung der Bahnen der Planeten und namentlich der Störungen ihrer Bewegung, wie es bisher zu einer zweifellosen Auffindung der Planeten im Fernrohre nothwendig gewesen ist, in Anspruch genommen hat und welche Arbeitslast bei den 330 Planeten der rechnenden Astronomie hierdurch erwachsen ist, so wird auch die bedeutende Entlastung klar, welche in der Bearbeitung der Bahnen der kleinen Planeten durch die photographische Methode hoffentlich mit der Zeit eintreten wird.

Das photographische Verfahren scheint übrigens auch in Bezug auf die Positionsbestimmung von lichtschwachen Kometen und von auftauchenden Meteoriten gute Verwendbarkeit zu besitzen. Herr Wolf hat von mehreren Kometen auf seinen Platten deren Bilder zu Zeiten erhalten, wo diese Gestirne im Fernrohre schon lichtschwach geworden waren. Meteoriten hat Wolf seit September photographisch aufgenommen. Die scheinbaren Bahnen derselben zeichneten sich mit grofser Schärfe in die Platten ein. Das Bemerkenswerthe dieser Meteorlinien ist, dafs sie eine Reihe von Verdichtungen zeigen; Herr Wolf ist geneigt, diese Verdichtungen für den Beweis eines periodischen Aufleuchtens der Meteoriten anzusehen, dafs also die stärksten Knoten der Linien den Maxima des Glanzes, die schwächsten den Minima des Leuchtens entsprechen würden. Demnach könnte die astronomische Photographie auch in Bezug auf die Photometrie der Gestirne fernerhin beachtenswerthe Beiträge liefern.



Neues vom Algol[1]: Vor drei Jahren hat die Entdeckung von Vogel in Potsdam, dafs wir im Algol einen Doppelstern von zwei sehr nahen Körpern zu erblicken haben, von denen der eine dunkel ist, viel Aufsehen gemacht.[2] Nirgends waren bis dahin aufserhalb der Planetenwelt Sternsysteme bekannt geworden, deren Mitglieder sich in solcher Nähe zu einander befinden und die in der kurzen Zeit von 2 Tagen 21 Stunden einen vollen Umlauf vollenden. Die Vogelsche Methode hat sich aber auch für andere Körper als fruchtbar bewiesen, und nach den Spektralphotogrammen der Harvard-

[1]) Astronomical Journal No. 255 und 256.
[2]) Vgl. Himmel und Erde, Band II S. 239

Sternwarte sind auch Mizar im Grofsen Bären und Beta im Fuhrmann als solche Doppelsterne von kurzer Umlaufszeit erkannt worden. Aber während wir über die Ursachen für den Lichtwechsel des Algol durch die Entdeckung Vogels im allgemeinen aufgeklärt wurden, liefs sie uns noch über manche Eigenthümlichkeiten desselben im Dunkeln. Verfolgen wir die Beobachtungen des merkwürdigen Himmelskörpers rückwärts, so werden wir auf Goodricke stofsen, der vor mehr als einem Jahrhundert die Entdeckung machte, dafs das Licht des Algol in ganz regelmäfsigen Zeiträumen bedeutend abnehme. Er bestimmte die Länge dieser Zeit. Seitdem haben an fünfzig Astronomen Beobachtungen über die Zeit der stärksten Lichtabnahme angestellt und etwa 700 Bestimmungen der Minima niedergelegt. Dabei hat sich herausgestellt, dafs die Periode der Lichtschwankungen keinesweges allezeit dieselbe geblieben ist, sondern ihrerseits wieder Veränderungen durchmacht, deren allgemeiner Charakter durch die Arbeiten der Bonner Astronomen Argelander und Schönfeld gut bestimmt ist. Das Gesetz, welches diese Aenderungen befolgen, hielt indessen noch Argelander für so komplizirt, dafs er seine Ableitung erst für eine ferne Zukunft in Aussicht stellte. Seitdem erschien indessen die klassische Arbeit von Schönfeld über die Lichtkurve des Algol, welche einen grofsen Theil der Beobachtungsdaten mit einander vereinbar machte und damit eine wesentliche Bedingung für den Fortschritt in der Erkenntnifs der Algolnatur bedeutete. Vor wenigen Jahren nun hat Herr Chandler gezeigt, dafs die scheinbar so verwickelten Schwankungen in der Periode des Algolglanzes sich durch ein verhältnifsmäfsig einfaches Gesetz mit unerwarteter Genauigkeit darstellen liefsen. Dieses Gesetz lehrt, dafs diese Zeiten schwächsten Glanzes innerhalb eines Zeitraums von etwa 141 Jahren um etwa drei Stunden nach beiden Seiten von der aus dem Mittelwerthe von 68 Stunden 49 Minuten berechneten Epoche abweichen konnten, wozu noch Abweichungen von kürzerer Periode und geringerem Betrage hinzutraten, deren Bedeutung gegen das Hauptstörungsglied wesentlich zurückbleibt.

Als nun neuerdings Vogels Untersuchungen die Doppelnatur Algols zeigten, indem sie lehrten, dafs die Periode von 4129 Minuten die Umlaufszeit des dunklen Körpers um Algol ist, da liefsen sie eben die bezeichneten Schwankungen, deren hauptsächlichste sich in 141 Jahren zu vollziehen schien, unerklärt. Bei der Bewegung zweier Körper um den gemeinsamen Schwerpunkt, also der reinen elliptischen Bewegung, müssen die Zeiten der Verfinsterung, zu

denen der dunkle Körper sich zwischen den hellen Stern und unser Auge stellt, in genau gleichen Zwischenräumen auf einander folgen, wenn nicht entweder der eine oder beide Theilwelten von der Kugelgestalt wesentlich abweichen. Aber der Charakter und die Gröfse der beobachteten Abweichungen wäre durch diese Hypothese nicht recht zu erklären. Es bleibt also nichts übrig als anzunehmen, dafs noch ein dritter, ein störender Körper in dem Systeme steckt. Wo aber ist der zu finden? Zunächst kann er aus naheliegenden Gründen weder zwischen Algol und dem verfinsternden Körper seine Bahn vollenden, noch aufserhalb in sehr grofser Nähe umlaufen, weil dann die resultirenden Hauptstörungen in der Bewegung des finstern Körpers nur verhältnifsmäfsig kurze Perioden haben könnten. Man mufs vielmehr die Wahrscheinlichkeit zugeben, dafs der unbekannte Körper in einer Entfernung von den anderen sich befindet, in welcher seine Störungen im Vergleich zu seiner direkten Anziehung zurücktreten, und es lag demnach nahe, wenigstens in erster Annäherung das Problem unter dieser Annahme zu behandeln. Herr Chandler nahm also an, dafs die Bewegungen Algols und seines nahen Trabanten als einzelne Masse zu betrachten seien, die sich um einen entfernten Punkt — den Schwerpunkt eines Systems von mindestens drei Körpern herumbewegt. Dann lassen die scheinbaren Schwankungen in der Lichtperiode Algols eine ähnliche Erklärung zu, wie diejenigen in den Verfinsterungszeiten der Jupiterstrabanten, welche einst einen Olaf Römer die Geschwindigkeit des Lichtes finden lehrten. Freilich dürfen wir kaum den Vergleich mit unserem Sonnensysteme wagen. Hier ein gewaltig heller Centralkörper, und um ihn kreisend kalte oder doch nur Reste verhaltener Glut bergende Planeten, um diese herum sich wälzend kleine, dunkle und kalte Trabanten; dort ein an Masse überwiegender dunkler Himmelskörper und als Planet der helle Algol, ein Stern von der zweiten Gröfse, der wiederum einen dunklen, aber gewifs nicht viel kleineren Begleiter mit sich um den Centralkörper rollt. Es gelingt nun auf Grund dieser Annahme mit freilich nicht ganz einfachen Rechnungen die Bahn Algols zu bestimmen. Er vollendet seinen Umlauf in etwa 130 Jahren und die Gröfse der Bahn um den gemeinsamen Schwerpunkt ist ungefähr derjenigen des Uranus um die Sonne gleich. Die Ebene der Bahn ist natürlich wenig gegen die Gesichtslinie geneigt, weil sonst die Beträge der Abweichungen nicht erklärbar wären. Diese Neigung beträgt 20°. Die Exzentrizität hat Chandler nicht berechnet, sondern in erster Näherung die Bahn als kreisförmig angenommen. In den Jahren 1804 und 1869 hat Algol auf dieser

Bahn die zur Gesichtslinie senkrechte Ebene durchschnitten, die wir uns durch den Schwerpunkt gelegt denken können. Da der gröfste Durchmesser der Ellipse, als welche sich die Bahn in ihrer Projektion auf das Himmelsgewölbe darstellt, fast drei Bogensekunden beträgt, so mufs sich in genauen Messungen die Eigenbewegung des Sterns als veränderlich herausstellen. Herr Chandler hat auch das sehr umfangreiche Problem gelöst, aus den seit anderthalb Jahrhunderten angestellten genauen Beobachtungen des Algol die Veränderlichkeit dieser Bewegung zu eruiren. Er findet die Amplitude in Rektascension zu einer fünftel Zeitsekunde, in Deklination zu anderthalb Bogensekunden, und die Parallaxe des Sternes zu 0,07 Bogensekunden, oder seine Entfernung zu 37 Jahren Lichtzeit.

Die Frage, ob es möglich sein wird, den Hauptstern der Algolgruppe, dessen Existenz auf diesen beiden von einander unabhängigen Wegen bewiesen ist, jemals direkt zu finden, ist vor der Hand nicht zu verneinen. Er kann immerhin genug eigenen Glanz besitzen oder eine genügende Fähigkeit, ihm vom Algol zugesandtes Licht zurückzustrahlen — Albedo nennt man eine solche —, um mit den grofsen Objektivgläsern unseres Zeitalters wohl sichtbar zu sein. Seine Entfernung vom Algol ist nämlich $0'',74\ (1 + \frac{1}{m})$, wenn m das Verhältnifs der Masse des unbekannten Sterns zu derjenigen des Algol mit seinem Trabanten bedeutet, eine Entfernung, die leicht mehrere Sekunden erreichen kann. Es wird also möglich sein, dafs bei Verdeckung des Hauptsterns die Auffindung des Begleiters in einem der Riesenfernrohre der Jetztzeit uns die theoretische Entdeckung Chandlers in der nächsten Zeit bestätige.

Wiewohl Chandler von der Richtigkeit seiner Untersuchung im grofsen und ganzen überzeugt bleibt und einen Beweis dafür auch darin sieht, dafs die erste Beobachtung eines Algolminimums durch Montanari am 8. November 1671 mit ihr in Uebereinstimmung ist, leugnet er nicht, dafs noch systematische Fehler in der Darstellung der Beobachtungen durch die Theorie übrig bleiben, die — besonders was die Zeiten der Minima angeht — die Grenzen der Beobachtungsfehler weit hinter sich lassen. Er findet eine Erklärung derselben aus der Analogie des Algolsystems mit unserem Sonnensystem, denn es ist keinesweges unwahrscheinlich, dafs auch jenes aus mehr als den drei genannten Körpern sich zusammensetzt, denn bei der geringen Ausdehnung, welche die Bahn des Algoltrabanten, (1 : 2500, während dieselbe Zahl für Mond- und Erdbahn 1 : 400 ist) im Verhältnis zu der des Algol

selbst besitzt, mufs die Störung, die der unbekannte Centralkörper, selbst wenn er viel gröfser ist, als wir zu vermuthen berechtigt sind, in der elliptischen Bewegung Algols hervorbringt, nahe Null sein. Jede solche Störung ist vielmehr auf einen vierten Körper als Ursache zurückzuführen. Bei der Genauigkeit, mit der die Beobachtung der Algolminima — zu der wir auch hier alle Freunde der himmlischen Wissenschaft auffordern möchten — möglich ist, darf man die Hoffnung hegen, dafs innerhalb weniger Jahre die strenge Erkenntnifs der Existenz und der Bahn des vierten Körpers gelingen werde. Die Bestätigung der Chandlerschen Theorie wird — wie wir hinzufügen — vielleicht später auch noch auf einem anderen Wege zu erlangen sein. Die Bahngeschwindigkeit, so weit sie in die Gesichtslinie fällt, erreicht einen Betrag von 4 km, mit welcher Algol sich im Jahre 1869 auf uns zu bewegte; bis zum Jahre 1902 sinkt dieser Betrag auf Null herab, um in der Folgezeit in eine von uns weggerichtete Geschwindigkeit überzugehen. Bei dem jetzigen Stande der Beobachtungstechnik ist freilich wenig Aussicht, diesen Unterschied spektrometrisch nachzuweisen, aber vielleicht wird das kommende Jahrhundert durch verfeinerte Methoden in die glückliche Lage versetzt sein, denselben direkt wahrzunehmen.

Die Chandlersche Untersuchung eröffnet ein weites Feld für Beobachter und Rechner. Allerdings sind bis jetzt nur zehn Sterne am Himmel bekannt, deren Lichtschwankungen sich wie beim Algol in verhältnifsmäfsig kurzer Zeit vollziehen, und keiner von ihnen ist auch nur fünfzig Jahre unter der Controle der Beobachter gewesen, aber doch ist es Chandler bei vier und Schönfeld bei einem von ihnen gelungen, ähnliche Unregelmäfsigkeiten in der Periode wie beim Algol aufzufinden. Man ist sicher berechtigt, auch für diese Sterne eine ähnliche Zusammensetzung anzunehmen, also vorauszusetzen, dafs der beobachtete Stern einen dunklen nahen Begleiter mit sich führt, der ihn in der kurzen Zeit von 20 Stunden (U Ophiuchi) bis 228 Stunden (S Cancri) umkreist, während beide zugleich sich in längerem Zeitraum um einen fernen Punkt herumwälzen. Dafs wir nur so wenige Beispiele ähnlicher Körper besitzen, das läfst sich aber höchst einfach erklären: denn offenbar werden nur diejenigen Sterne, deren Begleiter die Gesichtslinie schneiden oder doch nahe daran vorbeigehen und dabei grofs genug sind, uns einen Theil von dem Lichte des Sternes zu entziehen, uns als Veränderliche erscheinen. Wenn entweder der Begleiter zu klein ist, oder sein Glanz gegen den des Sternes nicht zurücktritt, oder schliefslich, wenn derselbe nicht gerade

nahe an der Gesichtslinie vorbeigeht, wird der Stern uns mit konstantem Lichte leuchten. Hiernach scheint vielmehr diese Art von Bewegungen, wie sie Vogel und Chandler für den Algol konstatirt haben, eine weite Verbreitung am Himmel zu besitzen, überall dürfen wir statt der einzelnen Sterne Systeme von Sternen vermuthen, die mit unserem Planetensystem die Art der Zusammensetzung theilen. Offenbar wird die Photographie berufen sein, indem sie das Studium der veränderlichen Eigenbewegungen erleichtert, hier Entdeckungen von grofser Tragweite zu zeitigen. Aber auch genaue Heliometerbeobachtungen der zehn Sterne vom Algoltypus werden uns wohl Aufschlüsse über die Zusammensetzung und die Bewegungen dieser merkwürdigen Himmelskörper liefern. Als Beispiel empfiehlt Herr Chandler vorerst den von ihm 1886 als ein Veränderlicher vom Algoltypus erkannten Stern Y Cygni, der seinen Lichtwechsel zwischen der 7. zur 8. Gröfse in anderthalb Tagen vollzieht, während die mit Hülfe dieser Periode berechnete Minimumzeit Schwankungen von 4 Stunden erleidet, die innerhalb 600 Perioden oder im Verlaufe von zwei und einem halben Jahre wiederkehren. Hiernach müfste die Bahn des Sternes nach Chandlers Theorie zwischen derjenigen des Saturn und der des Uranus rangiren. Die Bestimmung der Eigenbewegungen und der jährlichen Parallaxen dieser Sterne wird also eine dankbare Aufgabe für die nächste Zukunft sein, uns neue Aufschlüsse über die sonderbare Natur der Veränderlichen vom Algoltypus liefern und die Chandlerschen geistreichen und mühevollen Untersuchungen für die Verwandten des Algol hoffentlich bestätigen.

Sm.



Der Ringnebel in der Leyer.

Abermals ein höchst interessantes Resultat hat die Himmelsphotographie in Bezug auf die Konstitution gewisser Nebel zu Tage gefördert, zu denen in erster Linie der berühmte Ringnebel in der Leyer, dann aber auch diejenigen planetarischen Nebel gehören, welche nach der Mitte hin lichtschwächer werden.

Es erschien nämlich vom kosmogonischen Standpunkte aus sehr befremdend, dafs die hier angeführte Gattung von Nebeln nach ihrem Centrum hin mit abnehmender Dichtigkeit von Materie erfüllt sein sollte. Namentlich enthielten ja die eigentlichen Ringnebel, die allerdings am Himmel sehr selten auftreten (Herschel verzeichnet in

seinem grofsen Kataloge deren nur vier), in ihrem Innern gar keine Materie, so lange man sich nur auf den Anblick im Teleskop, d. h. also auf den Lichteindruck auf unserer Retina, stützen konnte.

Nach den gegenwärtig herrschenden Ansichten von der Entstehung der Weltsysteme mufste sich ja die Materie allmählich nach dem Centrum der Nebel hin verdichten, und die meisten Nebel zeigen in der That auch diese Verdichtung; wenn dagegen in einer Anzahl von unregelmäfsig gestalteten, oder den spiralen Nebeln, diese Verdichtung weniger hervortrat, so war dies ganz wohl erklärlich, indem man bei den unregelmäfsigen Nebeln den Kondensationsprozefs als noch zu wenig vorgeschritten annehmen konnte, bei den spiraligen vielleicht voraussetzen konnte, dafs ein Zusammenstofs mit einem anderen Weltkörper die bestehende Ordnung gestört habe. Bei den planetarischen und Ringnebeln dagegen zeugt die regelmäfsige Gestalt von einem gewissen ruhigen Gleichgewichtszustande, bei welchem ein Fliehen aller oder der meisten Materie aus dem Centrum heraus nach unseren physikalischen Begriffen kaum denkbar ist. Sollte dieses Fliehen nämlich die Centrifugalkraft bewirken, so müfste eine so starke Rotation des Ringes vorausgesetzt werden, dafs seine gasigen Bestandtheile sich unmöglich in der regelmäfsigen Form des Ringes auch nur für ganz kurze Zeit erhalten könnten; es entstehen eben dann spiralige Nebel. Ganz anders wird dagegen dieses Verhältnifs, wenn im Centrum eine starke Masse vorhanden ist, welche durch ihre Anziehungskraft die Materie des Ringes zusammenhält. Nun bemerkten zwar bereits P. Secchi und andere im Centrum des grofsen Ringnebels in der Leyer ein ganz feines Sternchen, das insofern wohl in physischen Zusammenhang mit dem Nebel gebracht werden konnte, als seine fast genau centrale Stellung kaum als eine zufällige, also blofs optische, angesehen werden konnte. Aehnliche Sternchen fand man nun später auch in vielen anderen planetarischen Nebeln auf, deren Licht nach dem Centrum zu schwächer wird. Sicherheit über den physischen Zusammenhang dieses Sternchens mit dem Nebel konnte jedoch der Anblick im Fernrohr allein nicht verschaffen.

Hier gab nun die photographische Platte wiederum überraschenden Aufschlufs. Als nämlich Pater Denza, Direktor der neuen vatikanischen Sternwarte, und Dr. Scheiner vom astrophysikalischen Observatorium in Potsdam den Ringnebel in der Leyer photographirten, bemerkten sie auf der photographischen Platte, dafs jenes kaum wahrnehmbare kleine Sternchen im Centrum sich photographisch als eine ziemlich ausgedehnte Masse darstellt, deren Wirkung auf die

Platte eine viel kräftigere ist, als die irgend einer Stelle des Ringes selbst. Und ähnliche Wahrnehmungen machte Scheiner auch an den übrigen, hierher gehörigen planetarischen Nebeln. Von diesem centralen Kerne aus breitet sich Nebelmaterie über den ganzen inneren Raum aus, so dafs der physische Zusammenhang mit diesem Kerne und dem Ringe aufser allem Zweifel ist.

Aus diesen Wahrnehmungen geht in kaum zweifelhafter Weise hervor, dafs diese merkwürdigen Gebilde ursprünglich aus einem Gasgemische bestanden, von dem der eine Theil, der ein geringeres Atomgewicht besafs, hauptsächlich weniger brechbare Lichtstrahlen aussandte, während der schwerere Theil des Gemisches sehr stark brechbare, ultraviolette Strahlen aussendet. Bei dem Kondensationsprozesse mufste dieser letztere Theil sich hauptsächlich um das Centrum ansammeln, welches also für unser Auge, das für Ultraviolett unempfindlich ist, leer erscheint, während es im Gegentheil gerade die schwersten Stoffe enthält.

So wird also der Ringnebel in der Leyer dem Saturnringe und andererseits dem Milchstrafsenringe ungemein ähnlich. Die Photographie scheint anzudeuten, dafs der Ringnebel sich in eine ungeheure Zahl von Lichtknoten auflöst, von denen Denza nach ungefährer Schätzung im Mikroskop mindestens 830 zählte. Der Ringnebel ist also im Begriff, einen Schwarm von Sonnen aus seinem Körper zu bilden. Seine Entwickelungsstufe liegt demnach vermuthlich in der Mitte zwischen der des Saturnringes und der unseres Milchstrafsensytems. Im Saturnringe befinden sich die Massenknoten noch so dicht bei einander, dafs sie nicht einzeln wahrgenommen werden können und dafs deshalb nur theoretische Untersuchungen ihr Vorhandensein als nothwendig erkannten. Im Milchstrafsensystem dagegen beginnen die längst selbstständig gewordenen Massencentren der Fixsterne, nach allen Seiten hin auseinanderschwärmend, jenen einstigen festen Zusammenhang wieder aufzulösen, von welchem der schimmernde Gürtel der Milchstrafse uns unzweifelhafte Kunde giebt. Wir leben inmitten eines ehemaligen Ringnebels, der einstmals dem der Leyer vergleichbar gewesen sein mufs. M. W. M.



Die Netzaugen der Gliederfüfsler.

Kein anderer Zweig der zoologischen Forschung bietet in Bezug auf allgemeinere Gesichtspunkte so hohes Interesse, als das Studium

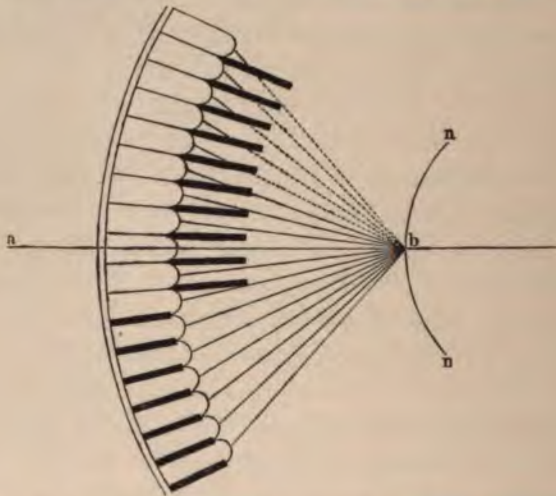
der von den unsrigen vielfach sehr abweichend gebauten Sinnesorgane der Thiere. Sind es doch gerade die Sinneswahrnehmungen, welche den Thieren die Vorstellung einer Aufsenwelt verschaffen, so dafs ihre Welt als Vorstellung in direkter Abhängigkeit von der Art und Wirkungsweise der entsprechenden Organe steht. Unter allen Sinnen steht nun in jeder Beziehung der des Gesichtes obenan; ein Sehender kann sich kaum einen klaren Begriff machen von der Verschiedenheit seiner Vorstellungswelt und der eines Blindgeborenen, oder der eines Blutegels, welcher mit seinen einfachen Punktaugen nur im allgemeinen Hell und Dunkel zu unterscheiden vermag, ohne irgend welche äufsere Gegenstände in ihrer Form zu erkennen. Welcher Art sind nun die Wahrnehmungen der Insekten und Krustenthiere, deren Augenoberfläche bekanntlich aus zahlreichen, mikroskopisch kleinen Facetten gebildet wird, deren Sehwerkzeug mithin nach einem vom Wirbelthierauge völlig abweichenden Typus gebaut sein mufs? Diese Frage beschäftigt natürlich die Zoologen schon seit langer Zeit, zumal die Sicherheit, mit welcher die Bewegungen der Insekten stattfinden, beweist, dafs das zusammengesetzte Netzauge in mancher Hinsicht eher vollkommener entwickelt, als etwa zurückgeblieben gegen das Wirbelthierauge sein mufs.

Johannes Müller hatte bereits für das Facettenauge die Theorie aufgestellt, dafs jedes Elementarauge desselben nur zum Sehen in einer einzigen Richtung tauge, indem es auf der Netzhaut nur denjenigen Punkt abbilde, welcher in dem verlängerten Axenstrahl liegt. Aus dieser Theorie würde ohne weiteres die bemerkenswerthe Thatsache folgen, dafs das Netzhautbild im Insektenauge ein aufrechtes ist, während es bekanntlich in dem einer Camera obscura ähnlich gebauten Auge der Wirbelthiere verkehrt ausfällt. Diese Müllersche „Theorie des musivischen Sehens“ entbehrte indessen bis in die neueste Zeit hinein des exakten, wissenschaftlichen Beweises und wurde erst während der letzten Jahre durch Sigmund Exner zu einer sicher begründeten Erkenntnifs erhoben. Letzterem gelang es nicht nur, die optische Wirkungsweise der Facettenaugen klarzustellen und die Thatsache aufserordentlicher Mannigfaltigkeit in der Anlage dieser Organe bei verschiedenen Spezies nachzuweisen, sondern er konnte schliefslich auch eine Mikrophotographie des Netzhautbildes des Leuchtkäfers herstellen, deren Studium uns manche interessante Schlüsse gestattet.

Der optische Apparat einer jeden Facette besteht nach Exner in einem sog. Linsencylinder, d. h. einem geschichteten Cylinder, dessen Brechungsverhältnifs von der Axe nach dem Mantel zu kleiner wird.

Derartige Cylinder lassen in der That nur Strahlen, die ihrer Axe nahezu parallel sind, bis auf die dahinter befindliche Nervenendigung gelangen, alle übrigen eindringenden Lichtstrahlen fallen vor dem Austritt auf die Seitenwand des Cylinders und werden hier von den schwarzen Pigmentkörperchen, welche jedes Elementarauge umgeben, absorbirt. Wenigstens trifft dies für eine besondere Klasse von Netzaugen zu, welche Exner als Augen mit Appositionsbildern bezeichnet. Bei diesen liegt die empfindende Netzhaut unmittelbar hinter dem Krystallkegel (Schwertschwanz, Limulus). Es giebt aber auch Netzaugen (Leuchtkäfer, Lampyris), bei welchen die Netzhaut etwas hinter dem Krystallkegel der Elementaraugen zurückliegt. Hier entwirft jeder Krystallkegel ein Bild eines kleinen Gesichtsfeldes, welches die von den nächstbenachbarten Facetten entworfenen Bilder überdeckt, so dafs zu jedem Objektpunkte von vielen benachbarten Facetten gleichzeitig an derselben Netzhautstelle ein Bild entworfen wird. Diese Art Augen nennt Exner Augen mit Superpositionsbildern. Es ist einleuchtend, dafs ein solches Superpositionsbild weit lichtstärker ausfallen mufs, als ein Appositionsbild und dementsprechend findet man letzteres fast ausschliefslich bei Tagesinsekten, ersteres dagegen bei den meisten nächtlichen Gliederfüfslern. Das Auge mit Superpositionsbild besitzt auch eine höchst sinnreiche Abblendungsvorrichtung, so dafs es dem Wechsel der Helligkeit ebenso gut, oder vielleicht noch besser angepafst werden kann, wie das Wirbelthierauge, bei welchem bekanntlich die Verengerungsfähigkeit der Iris diesem Zwecke dient. Im Insektenauge mit Superpositionsbild befindet sich nämlich dunkles sog. Irispigment in radialen Schichten und zwar, wenn das Auge auf Dunkelheit accomodirt ist, zwischen den einzelnen Krystallkegeln, wie es im unteren Theil unserer Abbildung angedeutet ist. Kommt nun aber das Thier in hellen Sonnenschein, dann werden diese Pigmentmassen nach dem Centrum zu verschoben, wie es schematisch die obere Hälfte unserer Zeichnung veranschaulicht. Der Erfolg dieser Verschiebung ist offenbar der, dafs die in der Zeichnung punktirten, von einem in der Richtung a gelegenen Objekt herrührenden Strahlen nicht mehr die Netzhautstelle b erreichen, sondern auf die Pigmentkörper treffen und dort absorbirt werden. Die Helligkeit des Bildes bei b mufs demnach bei dieser Pigmentlage eine stark herabgeminderte sein. Geht diese Abblendung so weit, dafs der Punkt b nur noch von einer einzigen Facette her Licht empfangen kann, dann ist offenbar aus dem Superpositionsbilde ein Appositionsbild geworden. — In vielen Fällen konnte Exner bei seinen Untersuchungen die bereits

früher gemachte Beobachtung bestätigen, dafs das Insektenauge ebenso wie das Wirbelthierauge (Hund, Katze) zu leuchten vermag, indem das Licht von der beleuchteten Netzhaut aus wieder seinen Weg in die Aufsenwelt zurück findet. Bei diesen Beobachtungen zeigten sich sogenannte Pseudopupillen, indem der leuchtende Kreis infolge der oben erwähnten Pigmentverschiebung allmählich enger werden kann, bis schliefslich bei zu starker Belichtung das Augenleuchten ganz verschwindet. Während aber die Wirbelthierpupille stets kreisförmig



bleibt, kann die leuchtende Pseudopupille des Insektenauges ganz unregelmäfsige Gestalten annehmen, da ja jene Pigmentverschiebung an verschiedenen Stellen des Auges in verschiedenem Mafse auftreten kann.

Exners schliefsliche allgemeine Erörterungen über die Leistungen des Facettenauges führen ihn zu dem Resultate, dafs trotz ziemlich grofser Schärfe des optisch erzeugten Netzhautbildes die grobe Struktur der Netzhaut selbst vermuthlich nur ein wenig scharfes Erkennen der Objektformen zu stande kommen lassen dürfte, dafs dagegen eine Veränderung der Aufsenwelt, also z. B. eine Bewegung eines Objektes, wahrscheinlich aufserordentlich leicht und scharf empfunden werden mag. Letzterer Umstand in Verbindung mit dem grofsen Gesichtsfelde, welches die Facettenaugen der Insekten auf Grund ihrer starken Wölbung beherrschen, zeigt uns, dafs auch hier, wie überall im Reiche der Organismen, eine ausgezeichnete Anpassung des Organs an den Zweck, dem es dienen soll, zu bewundern ist. Für einen Schmetterling z. B., dem die prächtig gefärbten, grofsen Blumenblätter sehr deutliche, nicht zu übersehende Wegweiser bei der Nahrungssuche

sind, ist es gewifs weniger wichtig, genau die Formen der betreffenden Blüten erkennen zu können, als auf jede herannahende Gefahr, die sich natürlich durch eine Bewegung irgend eines Objektes verrathen mufs, bei Zeiten aufmerksam zu werden.

Exners Forschungen haben nach alledem uns einen Blick in ein an höchst fesselnden Problemen überreiches Gebiet eröffnet, das hoffentlich daraufhin mit um so mehr Eifer und Sorgfalt auch von anderer Seite her studirt werden wird. Nicht nur das Menschenleben, sondern auch das des kleinsten Wurmes ist eben überall, wo man es packt, interessant im allerhöchsten Mafse. F. Kbr.



Die Ursachen und Wirkungen der Stadtnebel.

Dies war das Thema, über welches W. J. Russel auf dem hygienischen Kongrefs zu London 1891 einen Vortrag hielt, der viele interessante Neuigkeiten enthält. Die Untersuchungen, welche Aitken[1]) und R. von Helmholtz über Nebelbildung 1886 angestellt haben, sind bis zu dem Resultate geführt worden, dafs nur dort, wo die Luft mit festen oder flüssigen Theilchen bereits geschwängert ist, ein weiterer Niederschlag sich bilden kann, dafs die Sättigung der Luft mit Wasserdampf dagegen weder die nothwendige noch die hinreichende Voraussetzung für die Nebelbildung darstellt. Denn einerseits ist es möglich, gesättigte Luft unter den Thaupunkt abzukühlen, ohne dafs sich Feuchtigkeit niederschlüge, wenn ihr nämlich Staubkerne mangeln, andererseits giebt es „permanente" Nebel, die den Luftkreis auch dann noch erfüllen, wenn dieser nicht mehr vollständig gesättigt ist. R. von Helmholtz sagte über die letzteren[2]): „Der Grund ihres Bestehens ist leicht einzusehen, wenn man bedenkt, dafs zwischen dem Staub und den Salzen, welche der Luft durch den Rauch zugeführt werden, und dem niedergeschlagenen Wasser noch chemische Kräfte wirksam sind und ein Wiederverdampfen verhindern. Dämpfe von verschiedenen Säuren, z. B. schwefliger und Schwefelsäure, erzeugen auch permanente Nebel. Die Hartnäckigkeit und Dichte der Nebel in grofsen Städten mit vielen rauch- und säureerzeugenden Feuerstätten wird hierdurch verständlich. Man sieht, wie die Beobachtung der Nebelbildung unter Umständen auch für das praktische Leben von Interesse sein kann."

Die letztere Bemerkung wird durch Russels Ergebnisse mit auf-

[1]) Vgl. Himmel und Erde III, S. 278.
[2]) Naturw. Rdsch. 1886 No. 9.

fallend hellen Schlaglichtern übergossen. Da dort, wo Niederschlag eintritt, fremde Bestandtheile der Luft, seien sie nun fester, flüssiger oder gasiger Natur, nicht existiren können, ohne als Ansatzstellen für Wasserkügelchen zu dienen, so ist die nebelbildende Schicht absolut undurchlässig für diese Theilchen. Daher steigt zu London der gewöhnliche Kohlensäuregehalt der Luft zu Zeiten der Nebel auf das $3\,^1/_2$fache. Die Beschaffenheit des Nebels erlaubt selbst ein Urtheil über das Mafs der Unreinheiten in der Atmosphäre. Läfst er weifses Licht durchscheinen, so kann er fremde Bestandtheile nicht enthalten, die Röthe des durchfallenden Lichtes ist aber offenbar eine Folge der fortwährenden Beugungen an Verbrennungsprodukten, die in der Luft schweben, und die schwarzen Nebel Londons zeigen, dafs die Luft dort zu Zeiten ein Uebermafs solcher Partikel enthalten mufs. Das genaue Mafs dieser Bestandtheile liefert freilich nur die chemische Analyse. Dieselbe wurde an den Niederschlägen ausgeführt, die während der letzten Hälfte des Februars 1891 auf den Glasdächern der Gewächshäuser von Kew und Chelsea gefallen waren und die auf den Hektar 25 kg betrugen. Neben der Kohle und ihren Verbindungen sind es die des Eisens, welche an dem Staube der Luft hervorragenden Antheil haben. Die Permanenz der Londoner Nebel ist nach Russel nicht auf die Helmholtzschen Gründe zurückzuführen. Schuld hat daran vielmehr die ölige Beschaffenheit der Oberfläche der Wasserkügelchen, welche die Verdunstung hindert samt jenen Theilchen, die wie Rufs und Staub auch nach dieser Verdunstung in der Atmosphäre suspendirt bleiben. Prof. van der Mensbrugghe in Gent hat schon vor mehreren Jahren darauf aufmerksam gemacht, dafs die Form der Staubtheilchen an der Nebelbildung wesentlichen Antheil hat. Da diese Partikel im allgemeinen eine sehr unregelmäfsige Oberfläche haben dürften, so wird an gewissen Stellen von ihnen eine besonders hohe Spannung des Wasserdampfes stattfinden, denn bereits Sir William Thomson hat das Prinzip gefunden, dafs an konkaven Flächen die Dampfspannung stärker ist als an ebenen und an diesen gröfser wie an konvexen Flächen, und dafs mit der zunehmenden Krümmung auch die Spannung des Dampfes wächst. Diesem Umstande mifst der genannte Gelehrte die Fähigkeit der Staubtheilchen zur Kondensirung der in der Luft vorhandenen Wasserdämpfe bei.

Die Londoner Nebel werden durch die Luftströmungen oft fünf bis zehn Meilen weit fortgeführt. Ferner ist es interessant, dafs die Zahl dieser Nebel während der Wintermonate sich seit zwanzig Jahren um $70\,^0/_0$ vermehrt hat. Der Grund ist offenbar kein andrer als der, dafs

der Lufthülle durch die stark vermehrte Zahl der Öfen, besonders für Dampfmaschinen, jährlich so viel mehr Rufs zugeführt wird; denn sieht man von dem Verbrauch der Kohle für die Gasbereitung ab, so hat sich doch in den letzten 15 Jahren der Konsum von Kohle in London um mehr als 30% gehoben. Wieviel Kohle und erdige Bestandtheile — der Fülle der Säuren nicht zu gedenken — müssen demnach bei unseren noch immer so unvollkommenen Heizvorrichtungen der Atmosphäre jetzt mehr als vor 15 Jahren zugehen! Für schweflige Säure berechnet sich die jährliche Zufuhr allein auf 200 000 Tonnen. „Das Anwachsen der Bevölkerung bringt einen so erhöhten Verbrauch an Kohle mit sich, dafs die Atmosphäre heute schon in allen grofsen Städten immer mehr Rufs, Kohlenwasserstoffe und schweflige Säure aufnimmt, die, den Nebeltheilchen einen Ruhesitz bietend, mit diesen unsere Athmungsorgane überfallen."

Die meteorologischen Zustände, welche der Nebelbildung günstig zu sein scheinen, sind ruhige und feuchte Luft, sowie ein hoher Barometerstand. Die Niederschläge sind mit diesen Bedingungen so eng verknüpft, dafs es schwer, ja unmöglich erscheint, alle Wirkungen der Nebel von denjenigen dieser Umstände zu trennen. So ist — vielleicht im Zusammenhange mit dem hohen Barometerstand — fast immer ein so erheblicher Temperaturrückgang mit dem Nebel verbunden, dafs man nicht weifs, ob nicht vielmehr auf diesen die nach Nebeln bemerkte Zunahme der Sterblichkeit zurückzuführen ist. Da ein guter Theil der Krankheitserreger heutzutage in der Klasse der Bakterien zu suchen ist, so erschien es wichtig, die Wirkung der Nebel auf diese zu untersuchen. Da Koch zeigte, dafs Bacillen, die dem Lichte ausgesetzt wurden, untergingen, so müfste umgekehrt der Nebel als Lichtfeind den Bacillen günstig sein, und doch hat Percy Frankland, der sich dieser Frage zuwandte, sie im negativen Sinne entschieden. An einem Londoner Nebeltage waren erstaunlich wenige Bakterien in der Atmosphäre aufzufinden. Viel auffallender beeinflufst der Nebel die höheren Pflanzen. Indem er durch die Spalten selbst in die Gewächshäuser eindringt, zerstört er besonders die zarteren Gewächse, denn einmal wirkt die mit ihm verbundene Lichtverminderung bekanntlich störend auf alle Lebensprozesse der Pflanzen ein, zweitens wirkt er unmittelbar durch die Niederschläge, die sich auf den Pflanzen bilden und die theils mehr, theils weniger schädlich auf sie einwirken. Die in der feuchten Atmosphäre der Tropen so gut gedeihenden einkeimblättrigen Pflanzen werden natürlich am wenigsten beeinflufst, vielmehr die zweikeimblättrigen, mehr der Trockenheit angepafsten.

Am unangenehmsten wird der Nebel offenbar durch seine absorbirende Wirkung gegenüber den Lichtstrahlen; sie äufsert sich insbesondere durch die Verschluckung der am meisten brechbaren Strahlen, während die rothen am wenigsten am Durchgange gehindert werden. Aber die ersteren sind die chemisch wirksamen, diejenigen auch, welche in den Lebensprozefs der Pflanzen und Thiere eingreifen Mit dem Lichte nimmt der Nebel eine der wesentlichsten Existenzbedingungen der organischen Welt hinweg, und es ist garnicht abzusehen, welche unheilsame Folgen der jährlich zunehmende Lichtmangel für die Bevölkerungen der grofsen Städte mit sich führen mufs. Wie enorm unglücklich die letzteren daran sind, das zeigen einige Jahre fortgeführte Beobachtungen zu London und in dessen näherer und fernerer Umgebung. Sie zeigen, dafs der Betrag direkten Sonnenlichtes in der Grofsstadt weit hinter dem eines aufserhalb seiner Nebelsphäre liegenden Ortes zurücksteht, während zugleich die Durchlässigkeit der Luft für Licht in den drei Wintermonaten weit hinter der normalen zurücksteht. Die Folge ist für den Stadtsäckel von London am unmittelbarsten zu spüren, da der Mehrbetrag, der jährlich an Gas verbraucht wird, sich daraus berechnen läfst, dafs an einem Nebeltage etwa für 62000 Mk. Gas verbrannt wird.

Die Frage, ob man sich den Wirkungen der Nebel entziehen kann, ist in verneinendem Sinne zu beantworten. Da man die Ursachen der Nebelbildung in grofsen Städten nicht wohl ganz beseitigen kann, so wird man niemals dasjenige Unheil heraufbeschwören können, welches völlig staubfreie Luft im Zustande der Sättigung mit sich führen würde. Die Luft, welcher die Staubkerne zum Ansatze der Nebeltheilchen mangeln, würde nämlich an allen festen und besonders an hervorragenden Körpern sich niederschlagen. Die Haare des Körpers und die Kleider des Menschen, sowie die Wände der Wohnungen würden sich dann zur Aufnahme der Luftfeuchtigkeit bequemen müssen — und die Folgen wären kaum auszudenken. Eine andere Frage ist es, ob man wenigstens die nebelerzeugenden Kräfte zu schwächen vermag. Dazu sind gerade in den letzten Jahren eingehende Versuche angestellt worden. Die Elektrizität, heute die allgegenwärtige, kräftige Freundin der Kulturmenschheit, sollte hier in den Dienst einer neuen, guten Sache treten. Nachdem Nahrwoldt 1878 die Beobachtung gemacht hatte, dafs das Ausströmen der Elektrizität aus feinen Spitzen die in einem abgegrenzten Raum befindlichen Staubtheilchen in eine starke wirbelnde Bewegung versetzte, bis sie die Wandung erreichten, wo sie, lange Zotten bildend, hängen blieben,

und dafs so binnen kurzer Zeit der ganze Raum staubfrei wurde, haben andere Forscher und Techniker diese Thatsache für die Praxis nutzbar zu machen gesucht. Lodge und Clark vermochten bereits 1884 Zimmerluft, die durch den Rauch von brennendem Terpentinharz vollständig geschwärzt und undurchsichtig geworden war, binnen wenigen Minuten durch eine der angeführten nachgebildete Methode vollständig zu reinigen. Aber die Versuche, in den Schloten der Steinkohlenöfen durch die Anbringung von Spitzen den Rufs zurückzuhalten, mufsten daran scheitern, dafs damit in verhältnifsmäfsig kurzer Zeit die Rufstheilchen verstopfend wirkten und damit all die Unzuträglichkeiten heraufbeschworen, welche die mangelnde Luftzirkulation in den Essen mit sich führt. Wenn auch spätere Anwendungen der Elektrizität auf die Niederschlagung giftiger Bestandtheile der Luft in gewissen Werkstätten zum Ziele führten und grofse Elektromagnete die in der Luft flottirenden Eisenspänchen anderer Fabriken an sich zu reifsen fähig befunden wurden, so bleibt doch für die Reinigung der Stadtluft die Einführung der Elektrizität, sowie eine Filtration der gasigen Verbrennungsprodukte noch immer Problem. Russel meint, dafs, so lange man Kohlen brennen werde, zur Reinhaltung der Stadtluft wenig Aussicht vorhanden sei; ein Wechsel des Brennmaterials aber wird vielleicht einmal den Lungen der Grofsstadtbewohner Erleichterung schaffen. Uns will es scheinen, dafs mit der fortschreitenden Technik selbst die Mittel für eine immer vollständigere Ausnutzung des Materials sich darbieten werden, womit man der Rufszufuhr in die Luft die nöthigen Zügel anlegen wird. Sm.





Lehrbuch der Physik. Von J. Violle, Professor an der Ecole Normale zu Paris. Deutsche Ausgabe von E. Gumlich, L. Holborn, W. Jaeger, D. Kreichgauer, St. Lindeck, Assistenten an der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt. I. Theil: Mechanik. 1. Band: Allgemeine Mechanik und Mechanik der festen Körper. Mit 257 in den Text gedruckten Figuren. Berlin. J. Springer. 1891. XVI und 496 S. 10 M.

Das klar und elegant geschriebene Werk wendet sich an alle, die sich mit der Physik ernstlich beschäftigen wollen oder müssen. Es behandelt eingehend die wichtigeren und weniger bekannten Fragen und giebt im übrigen eine allgemeine Uebersicht ohne irgend etwas Wesentliches auszulassen. Neuerungen in der Anordnung des Stoffes sind zwar vermieden, doch ist die Anlage des Werkes dem gegenwärtigen Stande der Wissenschaft so gut wie möglich angepafst.

Mit anerkennenswerther Besonnenheit hat Violle davon Abstand genommen, aus dem Satze von der Erhaltung der Energie die ganze Physik abzuleiten. Es ist zweifellos wichtig, die Beziehung aufstellen zu können, die zwischen den Endgliedern einer Energie-Verwandlung besteht; noch wichtiger jedoch ist es, den Verlauf und die Bedingungen dieser Verwandlung kennen zu lernen. Diese Kenntnifs vermag uns aber nur die Erfahrung zu verschaffen. Eine leitende Idee kann als Ausgangspunkt der Untersuchung für den Forscher werthvoll sein, aber Versuche und Messung allein zeigen den zuverlässigen Weg zur Gewifsheit.

Mit grofser Sorgfalt behandelt daher Violle die Verfahren und die Werkzeuge der physikalischen Messung. Dies giebt dem Werke ein besonderes Gepräge; man darf es geradezu im Gegensatz zu den älteren Lehrbüchern gleichen Umfangs als ein Handbuch der praktischen Physik bezeichnen.

Eine weitere hocherfreuliche Neuerung des Buches liegt in der nachdrücklichen Betonung der geschichtlichen Entwicklung eines jeden Problems. Leider ist hierbei Violle nicht überall auf die Quellen zurückgegangen, sondern hat aus Martin, Thurot, Bertrand u. s. w. geschöpft. Die Geschichte der Mechanik, die gerade für den vorliegenden Band in Frage kommt, ist bei uns in Deutschland durch Dühring, Mach, von Lafswitz, Wohlwill u. A. in hervorragender Weise gefördert worden, und man ist daher gegen einige kleine historische Verstöfse, die sich bei Violle finden, nicht unempfindlich geblieben. (Vgl. Zeitschr. für phys. u. chem. Unterr. V. 219.)

In besonders glücklicher Weise hat der Verfasser die experimentelle und die theoretische Physik mit einander verknüpft. Er mufste dabei nothwendiger Weise auch mathematische Entwicklungen zu Hülfe nehmen. Sie wurden in allen Fällen angewandt, wo es für die Genauigkeit und Klarheit der Darstellung nützlich oder auch nur vortheilhaft erschien; dabei ist aber mit grofser Be-

sonnenheit berücksichtigt worden, dafs die Rechnung der Physik nur als ein Werkzeug dient, dessen Benutzung in vernünftiger Weise eingeschränkt werden mufs.

Ueber den Inhalt des vorliegenden ersten Bandes wäre im besonderen nur noch Folgendens zu sagen: Auf einen einleitenden kurzen Abrifs der Ausgleichungsrechnung folgt die allgemeine Mechanik in ihren Grundzügen. Diese wird dann in meisterhafter Form auf die Erscheinungen der Schwere angewandt. Bei den nun sich anreihenden allgemeinen Eigenschaften findet man eine sehr ausführliche Behandlung der wichtigsten Mefs-Methoden und Mefs-Instrumente. Die Herausgeber haben besonders diesen Theil mit werthvollen Anmerkungen bereichert. In dem nun sich anschliefsenden Abschnit über die Haupteigenschaften der festen Körper werden insbesondere Struktur, Elastizität, Gestaltsänderung, Festigkeit, Theilbarkeit, Adhäsion, Reibung und Stofs behandelt.

Das trefflich übersetzte Buch hat vor den älteren Werken so viele Vorzüge, dafs es sicherlich auch in Deutschland besonders in den Kreisen der praktischen Physiker eine grofse Verbreitung finden wird.

H. Hahn-Machenheimer, Berlin.

E. Vogel: Praktisches Taschenbuch der Photographie. Ein kurzer Leitfaden für die Ausübung aller gebräuchlicheren, photographischen Verfahren für Fachmänner und Liebhaber. Berlin, R. Oppenheim 1891. Kl. 8°. XI., 202 S.

Vorliegender Leitfaden, zunächst für Studirende an technischen Hochschulen, ferner aber auch für Amateure bestimmt, enthält bei möglichster Beschränkung des Stoffes eine vorzügliche Darstellung der wichtigeren photographischen Prozesse. Infolge seiner aufserordentlichen Reichhaltigkeit, grofsen Uebersichtlichkeit und präzisen Ausdrucksweise wird das Buch auch demjenigen, welcher sich im Besitze umfangreicherer photographischer Werke befindet, willkommen sein, besonders, wenn es sich um rasche Orientirung über eine der einschlägigen Fragen handelt.

Zur Charakterisirung des Buches dürfte eine kurze Inhaltsübersicht zweckmäfsig sein. Nachdem im ersten der neun Hauptabschnitte die Apparate für den Negativ-Prozefs besprochen sind, werden im zweiten die photographischen Objective eingehend behandelt, besonders der Zweck und die Anwendbarkeit der bekanntesten Linsensysteme. Die Kapitel 3 bis 6 enthalten Mittheilungen über Momentverschlüsse, die Geheim-Camera, die Einrichtung der Dunkelkammer und die photographische Aufnahme im allgemeinen. Im siebenten Abschnitt wird das Negativverfahren auseinander gesetzt und zwar das Arbeiten mit Trockenplatten, das nasse Collodiumverfahren, das Collodium-Emulsionsverfahren und die Herstellung von Duplikat-, verkehrten, vergröfserten und verkleinerten Negativen. Mit entsprechender Ausführlichkeit bespricht der nächste Abschnitt den Positivprocefs; den Schlufs bildet eine Schilderung verschiedener Pausverfahren.

Besonders hervorgehoben zu werden verdient die sorgfältige Auswahl von Rezepten zum Entwickeln, Verstärken u. dgl. Auf die Zweckmäfsigkeit der mitgetheilten Rezepte kann man sich unbedingt verlassen, da die im photochemischen Laboratorium der Kgl. technischen Hochschule gemachten Erfahrungen hierbei mafsgebend waren. Für den Anfänger wie für den Geübteren ist eine solche Zusammenstellung gleich werthvoll. Es ist nicht zu bezweifeln, dafs das Buch in photographischen Kreisen bald beliebt werden wird. Sg.

G. Pizzighelli: Anleitung zur Photographie für Anfänger. 4. Aufl. Halle a. S., W. Knapp. 1892. Kl. 8°. VIII, 280 S.

Das Buch ist gewissermafsen als ein kurzer Auszug aus des Verfassers „Handbuch der Photographie für Amateure“ anzusehen; es ist dazu bestimmt, dem Anfänger über die Hauptschwierigkeiten bei den ersten Versuchen hinwegzuhelfen, enthält jedoch so vielerlei, dafs manchem Amateurphotographen der Besitz dieses Büchleins für seine Versuche genügen dürfte. Besonders ausführlich sind die photographischen Cameras besprochen; zahlreiche Abbildungen, Preisverzeichnisse von verschiedenen Apparaten, Kostenanschläge für die erste Einrichtung, Nennung empfehlenswerther Firmen machen das Buch auch für diejenigen werthvoll, welche erst die Absicht haben, sich der Photographie zu widmen. Die Anleitung ist durchaus allgemein verständlich, manchmal etwas zu breit geschrieben. Von Interesse ist namentlich der vierte Abschnitt, welcher unter anderm praktische Rathschläge über Aufnahme von Landschaften und Personen enthält.

Der Umstand, dafs das Büchlein seit 1887 bereits in vierter Auflage erschienen ist, dürfte zur Genüge für die Zweckmäfsigkeit desselben sprechen. Die neueren Fortschritte auf dem Gebiete der Photographie haben in der letzten Auflage die gebührende Berücksichtigung gefunden. Sg.



Verlag von Hermann Paetel in Berlin. — Druck von Wilhelm Gronau's Buchdruckerei in Berlin.
Für die Redaction verantwortlich: Dr. M. Wilhelm Meyer in Berlin.



Ueber Gesetze und Aufgaben der Naturwissenschaften, insbesondere der Physik in formaler Hinsicht.

Von Prof. Dr. P. **Volkmann** in Königsberg i. Pr.

Man ist gewohnt, aus dem Kreise der Naturwissenschaften keine anderen Mittheilungen zu empfangen, als solche, die sich auf den Inhalt eines neuen Fundes, einer neuen Entdeckung, einer neuen Erkenntnifs oder Anschauung beziehen. Die Welt der Naturwissenschaft ist so reich und so unermefslich, dafs in der Regel für den Naturforscher keine Veranlassung vorliegt, etwas anderes zu thun, als aus seinem Jungbrunnen beständig zu schöpfen und anderen zu trinken zu geben.

Meine Betrachtung soll diesmal ganz anderer Art sein, sie beschäftigt sich nicht mit irgend einem Inhalt als solchem, sie beschäftigt sich mit der Form eines Inhalts. Ich gebe gerne zu, dafs formale Fragen, wie ich sie behandeln will, nicht nach jedermanns Geschmack sind, und dafs formale Fragen auch innerhalb einer einzelnen Wissenschaft in der Regel nur eine bescheidene Stelle einnehmen; aber es wächst ihre Bedeutung bei der Vertretung der Wissenschaft nach aufsen, anderen Wissenschaften gegenüber, dem Leben gegenüber.

Solche formale Fragen erscheinen mir gerade gegenwärtig für die Stellung der Naturwissenschaften zur Gesamtheit des Geisteslebens nicht ohne Werth. Wir haben in der gebildeten Welt unbedingte Anhänger, wir haben aber auch unbedingte Gegner, die kein Verständnifs für unser Thun und Treiben haben, vielleicht auch gar keins haben wollen. Macht die und die Erfindung — so ist ungefähr dieser Standpunkt — wie Ihr sie macht, ist uns ganz gleichgültig, interessirt uns auch garnicht; wenn Ihr sie gemacht habt, wollen wir sie für uns

verwerthen und verwenden, im übrigen halten wir Eure Thätigkeit für eine untergeordnete. Auch wenn man den Standpunkt Lotzes[1]) theilt, dafs die Bedeutung, welche der Mechanismus im Bau der Welt zu erfüllen hat, ausnahmslos universell aber völlig untergeordnet sei, entsteht die Frage, ob diesem Mechanismus nicht vielleicht mittelbar etwa für die formale Bildung des Menschengeistes sehr wesentliche und keineswegs untergeordnete Aufgaben zufallen dürften. Die Geschichte des Kultur- und Geisteslebens vom Alterthum an scheint mir wenigstens zu zeigen, dafs die ideale Werthschätzung des Studiums dieses Mechanismus ein beständiges Steigen und eine stets wachsende Rückwirkung auf das gesamte Geistesleben aufweist.

Ich will es nun nicht als meine Aufgabe betrachten, nach dieser Richtung hin und zu einem bestimmten Zweck die formalen Seiten der Naturwissenschaften zu behandeln, ich will auch nicht den Gedanken hervorheben, dafs gerade die Form es ist, die einen Wissensstoff zu einer Wissenschaft macht. Ich will unabhängig von allen Nebenfragen die formalen Seiten der Gesetze und Aufgaben der Physik betrachten; wenn ich dabei als Physiker die Naturwissenschaften im allgemeinen in den Kreis der Betrachtung ziehen möchte, dann bitte ich, darin nicht eine Anmafsung zu sehen; insofern ich eine formale Seite der Naturwissenschaften berühre, habe ich wohl eben als Physiker ein gutes Recht dazu, denn gerade in der Form ist die Physik (die Astronomie der Kürze des Ausdrucks wegen immer zur Physik gerechnet) allen anderen Naturwissenschaften überlegen, und nach der formalen Seite wird die Physik von anderen naturwissenschaftlichen Disziplinen auch wohl bisweilen als mustergültig betrachtet. In der Physik treten naturgemäfs die formalen Seiten der Naturwissenschaft am schärfsten und deutlichsten hervor.

Man hat lange Zeit unterschieden zwischen den beschreibenden Naturwissenschaften — der Naturgeschichte, wie man sich ausdrückte — und den exakten Naturwissenschaften, der Naturlehre, zu der insbesondere die Physik und Chemie gerechnet werden, als die Wissenschaften von den allgemeinen Gesetzen der Natur. Die Thätigkeit des beschreibenden Naturforschers konnte man und kann man auch noch heute als eine im grofsen und ganzen klassifizirende ansehen — um den logischen terminus technicus zu gebrauchen. Die Thätigkeit des Physikers und wohl auch des Chemikers sah man — ich bediene mich absichtlich des Imperfectums — als eine höhere an. Das Kausalitäts-

[1]) Lotze, Mikrokosmos, Vorwort pag. XV.

bedürfniſs sollte hier vollauf seine Befriedigung finden, die wirkliche Ursache gewisser Erscheinungen sollte aufgedeckt werden, der wahre Grund dafür angegeben werden, die Erkenntniſs:

„Was die Welt, im Innersten zusammenhält".

Ich erinnere mich noch, wie ich bei Beginn meines Studiums Mitte der siebziger Jahre die Bedeutung des Satzes: „Kraft ist die Ursache einer Bewegung bezw. einer Erscheinung" meinem Kausalitätsbedürfniſs näher zu bringen suchte, wie ich mir den Gedanken anzueignen suchte, daſs mit der Auffindung des Kraftgesetzes wirklich in jedem Fall die Ursache der Erscheinung gefunden sein sollte, und wie dann Kirchhoffs nüchterne Präzisirung der Aufgabe der Mechanik auf mich wirkte: Aufgabe der Mechanik ist es, die in der Natur vor sich gehenden Bewegungen vollständig und auf die einfachste Weise zu beschreiben.[2])

Ich weiſs nicht, inwiefern Kirchhoff geneigt war, diese Formulirung der Aufgabe auf die gesamte Physik auszudehnen. Eine solche Ausdehnung liegt jedenfalls sehr nahe, und ist entsprechend wohl auch schon früher[3]) die Aufgabe der Naturwissenschaften in diesem Sinne formulirt worden.

Thatsache ist, daſs ältere Physiker der Kirchhoffschen Auffassung der Aufgabe ziemlich fremd gegenüber standen, fragte doch auch der Altmeister der mathematischen Physik F. E. Neumann gelegentlich seines fünfzigjährigen Doktorjubiläums 1876 Kirchhoff persönlich, ob er damit wirklich seiner inneren Ueberzeugung Ausdruck gegeben, worauf Kirchhoff in seiner Bescheidenheit sich beschränkte, zu erwiedern, er hätte nur Gelegenheit nehmen wollen, auch einmal eines anderen Standpunktes Erwähnung zu thun.

Die Auffassung, daſs die Physik nichts weiter als eine beschreibende Naturwissenschaft sei, hat dann im Laufe der letzten fünfzehn Jahre ziemlich allgemeine Anerkennung gefunden, und damit ist der Nimbus, der die Thätigkeit des Physikers als eine höhere umgab, gewichen. Wir sehen heute diese Thätigkeit nüchtern gleichfalls als eine in gewissem Sinne klassifizirende an, wir ordnen, ähnlich wie der Systematiker, die Erscheinungen nach gewissen Grundsätzen, die wir Prinzipe oder Gesetze nennen — und das nicht zum Schaden der Sache und jedenfalls der Wirklichkeit mehr entsprechend.

---

[2]) Kirchhoff, Vorlesungen über mathematische Physik. Mechanik. I. Auflage. Lpz. 1876 pag. 1.

[3]) John Stuart Mills System der deduktiven und induktiven Logik. I. Auflage. 1843.

Wenn aber wirklich die Physik, wie andere Naturwissenschaften, nicht über die Beschreibung hinauskommt, dann drängt sich uns sofort die Frage auf, wie es denn überhaupt noch mit dem Begriff der Kausalität in den Naturwissenschaften beschaffen ist; wenn wir verzichten müssen, Gründe in des Wortes eigentlicher Bedeutung anzugeben, dann wird man sagen, kann von Kausalität wohl auch nicht mehr die Rede sein.

In der That hat sich Hand in Hand mit der genaueren Präzisirung der Aufgabe in der Auffassung des Kausalitätsbegriffes in der Physik eine Wandlung vollzogen, die auch für die übrigen Naturwissenschaften von Bedeutung sein dürfte. Diese Wandlung tritt sehr deutlich zu Tage, wenn man die Einleitung der Helmholtzschen Schrift „Ueber die Erhaltung der Kraft" vom Jahre 1847 mit den darauf bezüglichen Zusätzen vom Jahre 1881 vergleicht. 1847 sagt Helmholtz: „Der theoretische Theil der physikalischen Wissenschaft sucht die unbekannten Ursachen der Vorgänge aus ihren sichtbaren Wirkungen zu finden; er sucht dieselben zu begreifen nach dem Gesetz der Kausalität. Wir werden genöthigt und berechtigt zu diesem Geschäft durch den Grundsatz, dafs jede Veränderung in der Natur eine zureichende Ursache haben müsse;" — und 1881 wird dazu bemerkt: „Die philosophischen Erörterungen der Einleitung sind durch Kants erkenntnifstheoretische Ansichten stärker beeinflufst, als ich jetzt noch als richtig anerkennen möchte. Ich habe mir erst später klar gemacht, dafs das Prinzip der Kausalität in der That nichts anderes ist, als die Voraussetzung der Gesetzlichkeit aller Naturerscheinungen."

Es handelt sich hier, wohl bemerkt, um eine tiefere Auffassung des Kausalitätsbegriffes, als sie z. B. für das gewöhnliche Leben in Betracht kommt. In der Regel pflegt man von Kausalität in Hinblick auf einen Prozefs zu sprechen, den man passend als Auslösung bezeichnen kann, und in dem das auslösende Moment häufig den Charakter des Zufalls an sich trägt. Das Vorhergehende in diesem Prozefs wird als die Ursache, das Nachfolgende als die Folge bezeichnet. Dieser Prozefs der Auslösung und seine Analyse spielt in den Naturwissenschaften auch eine Rolle und mufs sie spielen. Aber es hiefse den Kausalitätsbegriff in den Naturwissenschaften verflachen, wenn man denselben an der Hand solcher Auslösungsprozesse entwickeln wollte. Der Kausalitätsbegriff, um den es sich hier handelt, knüpft an den Begriff des Naturgesetzes und seine Gültigkeit, und so haben wir den Begriff des Naturgesetzes formal einigermafsen richtig auseinander zu setzen.

Da mufs zunächst darauf aufmerksam gemacht werden, dafs sich die Natur dem Geiste gegenüber als etwas Fremdes, Andersartiges abschliefst. Von einer Erkenntnifs der Natur kann daher wohl nicht die Rede sein, es kann sich nur um ein Beobachten, ein Kennenlernen der Natur handeln. Es stellt sich dann weiter das Bedürfnifs heraus, die Beobachtungsthatsachen zu ordnen, oder, wie Riemann[4]) sagt, durch Begriffe aufzufassen. Wenn diese Ordnung unter gewisse Begriffe, welche die Natur uns schaffen lehrt, gelingt, fühlt sich unser Kausalitätsbedürfnifs befriedigt. Das Schema, unter dem diese Ordnung gelingt, können wir als Gesetz, als Begriff bezeichnen.

Die Existenz eines Naturgesetzes involvirt die Strenge der Gültigkeit einer gewissen Aussage über die Natur und die allgemeine Anwendbarkeit dieser Aussage. Den Gesetzen der Grammatik gegenüber, den Regeln mit der bekannten Charakteristik: Keine Regel ohne Ausnahme, steht das Naturgesetz ungleich folgerichtiger und logischer mit der Präzisirung gegenüber: wenn die und die Bedingungen vorliegen, geschieht das, wenn andere Bedingungen vorliegen, ein Anderes. In dieser Beziehung steht der Begriff der Naturgesetze logisch entschieden näher den staatswissenschaftlichen und juristischen Gesetzen (Geboten), welche gleichfalls Bedingungen angeben, unter denen ein Etwas stattfinden soll, und andere Bedingungen, unter denen ein anderes Etwas stattfinden soll. Der Begriff des Naturgesetzes, wie der des ethischen Gesetzes, duldet entschieden keine Ausnahme; er schliefst jede laxe Auffassung von vornherein aus und stellt sich so als etwas organisch Vollkommenes hin, frei von jeder Künstelei.

Für eine formale Untersuchung des Begriffs der Naturgesetze erscheint nun die Betrachtung der Fälle besonders geeignet, in denen sich die Aussagen über das Spiel der Naturerscheinungen in quantitativen Verhältnissen bewegen, und das findet in der Physik statt. Wir werden daher am ersten an der Hand einiger Gesetze aus dem Gebiete der Physik einige formale Betrachtungen anstellen, und von diesen zu allgemeinen Formulirungen aufzusteigen versuchen. Wir wählen als

I. Beispiel: Das Mariotte-Gay-Lussacsche oder das Charles-Boylesche Gesetz.

Das Gesetz bezieht sich auf gasförmige Körper und besagt, dafs bei allen Aenderungen des Drucks (p), des Volumens (v) und der Tem-

[4]) B. Riemanns gesammelte Werke, hrg. von H. Weber, Lpzg. 1876 pag. 489. Erkenntnifstheoretisches.

peratur (T. von einem gewissen Nullpunkt, dem absoluten Nullpunkt, — 273° C. an gerechnet) zwischen diesen physikalischen Gröfsen eine Beziehung besteht, die in der Gleichung $pv = RT$ ihren Ausdruck findet. Insbesondere sind es die früher unter dem Namen permanente Gase bekannten: Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff, atmosphärische Luft, welche aufserordentlich nahe dieses Gesetz befolgen.

Man hat die Eigenschaften und Gesetze der Gase aus einer theoretischen Vorstellung abzuleiten versucht, aus der kinetischen Gastheorie. Ein Gas besteht danach aus einem System von kleinen festen Theilen, Molekülen beziehungsweise Atomen, welche im Verhältnifs zu ihrer Kleinheit im Mittel durch grofse Abstände von einander getrennt sind und sich im allgemeinen geradlinig nach dem Gesetz der Trägheit und widerstandslos im Raume fortbewegen. Der Druck eines Gases wird nach dieser Vorstellung durch die Gröfse der Bewegungsmomente der Theilchen aufgefafst, welche im Mittel die Einheit einer Fläche treffen; die Temperatur eines Gases als die mittlere lebendige Kraft der Theilchen pro Volumeinheit. Das Mariotte-Gay-Lussacsche Gesetz ergiebt sich als eine unmittelbare Folge dieser Vorstellungen.

Genauere Beobachtungen haben nun gezeigt, dafs das Mariotte-Gay-Lussacsche Gesetz nur näherungsweise die in der Wirklichkeit vorliegenden Verhältnisse wiedergiebt, die genannten Beobachtungen zeigen Abweichungen davon, und zwar bei Wasserstoff nach der einen, bei Sauerstoff und Stickstoff nach der anderen Seite. Wasserstoff erscheint weniger zusammendrückbar als es nach dem Gesetz der Fall sein müfste, Sauerstoff und Stickstoff mehr.

Die kinetische Gastheorie giebt uns die Mittel in die Hand, derartige Abweichungen vom Gesetz begrifflich zu fassen. Die Gröfse der Moleküle und die Beeinflussung der Moleküle auf einander im Falle verhältnifsmäfsig geringer Nähe lassen sich unmittelbar in die Vorstellungen der Theorie aufnehmen, und dann ist klar, dafs die räumliche Ausdehnung der Moleküle im Sinne einer geringeren Zusammendrückbarkeit, anziehende Kräfte zwischen den Molekülen im Sinne einer stärkeren Zusammendrückbarkeit, abstofsende Kräfte wieder im entgegengesetzten Sinne wirken müssen.

Auf diese Weise können wir es uns verständlich machen, dafs das Mariotte-Gay-Lussacsche Gesetz gar nicht streng richtig sein kann, wir können es gar nicht erwarten, aber es wäre gänzlich verkehrt, wenn wir darum das Gesetz überhaupt fallen liefsen. Wir müssen dasselbe noch immer als einen Ausdruck ansehen, der die Natur der

Gase aufserordentlich nahe, mit anderen Worten im wesentlichen richtig charakterisirt, und darin besteht der Werth des Gesetzes. Wir brauchen nicht immer das vollkommen genaue Verhalten der Gase zu kennen, in den bei weitem meisten Fällen genügt die näherungsweise Kenntnifs des Gesetzes, und da ist uns das Mariotte-Gay-Lussacsche Gesetz überaus werthvoll.

Der Fortschritt der Wissenschaft wird es allerdings mit sich bringen, gerade die Abweichungen von diesem Gesetz der Beobachtung zugänglich zu machen, es wird sich um Aufstellung von Korrektionsgliedern handeln, um Aufstellung der Glieder nächst höherer Gröfsenordnung, aber diese Korrektion wird nur als eine Etappe in der Aufstellung des Gesetzes anzusehen sein, niemals als ein Schlufsstein. Die vollständige Kenntnifs des Gesetzes bleibt uns verborgen, das ist in der Unvollkommenheit unserer Sinne und Instrumente begründet.

Die Forschungen von Clausius und van der Waals haben sich mit dem Korrektionsgliede des Mariotte-Gay-Lussacschen Gesetzes beschäftigt. Es mag darauf aufmerksam gemacht werden, dafs gerade solche Forschungen eine Fülle neuer Schlüsse und Anschauungen gestatten, so wenig der Laie auf den ersten Blick erwarten mag, wenn ihm gesagt wird, es handle sich um ein kleines, unbedeutendes Korrektionsglied. Es sind Schlüsse auf die Gröfse der Moleküle, auf die Eigenschaften der Einwirkung der Moleküle auf einander, die sich daran knüpfen, Probleme, die sonst ganz unzugänglich erscheinen müfsten.

II. Beispiel: Die Gesetze der im umgekehrten Quadrat der Entfernung wirkenden Kräfte.

Dem bisher gewählten Beispiel charakteristisch war, dafs bei einem einigermafsen höheren theoretischen Standpunkt Grenzen des Gesetzes und seiner Leistungsfähigkeit von vornherein gegeben waren, genaue experimentelle Untersuchungen standen damit in Einklang. Das folgende Beispiel liegt ganz anders; hier fehlt bis jetzt, können wir sagen, eine theoretische Auffassung des Gesetzes; wir haben hier mit einem rein auf empirischer Basis gewonnenen Ausdruck zu thun, dessen strenge Gültigkeit wir weder vermuthen noch erwarten dürfen. Es handelt sich um die nach dem Vorgang von Newton in die Physik eingeführten Naturgesetze, nach denen durch Vermittelung irgend welcher Agentien die ponderabeln Theile der Materie eine Kraftwirkung im Sinne der Mechanik im umgekehrten Quadrat der Entfernung erfahren. Es gehören hierher das Newtonsche Gesetz, die beiden Coulombschen Gesetze für elektrostatische und magnetische

Wirkungen, das Biot-Savartsche Gesetz für elektromagnetische und das Ampèresche Gesetz für elektrodynamische Wirkung. Es wird genügen, sich auf die beiden ersten Gesetze zu beschränken.

Ich will hier von vornherein ein Mifsverständnifs abschneiden, welches mir durch die Erinnerung an einen alten verstorbenen Lehrer der Experimentalphysik wachgerufen wird. Dieser alte Herr war gegen die Mathematik überhaupt im allgemeinen und gegen die Anwendung der Mathematik auf die Physik im besonderen, er hat wohl auch gelegentlich einmal gesagt, dafs er für Mathematiker überhaupt nicht lese. Er führte in der Einleitung zu seiner Vorlesung aus, dafs, wenn die Physik von Punkten, Linien und Flächen spricht, sie sich immer auf körperliche Gebilde bezieht, auf welche die mathematischen Abstraktionen streng gar nicht anwendbar sind.

In diesem Sinne könnte man von der Entfernung zweier Körper nur sehr bedingt sprechen, auch wenn man die Körper sehr klein wählt; in diesem Sinne könnte man sich die Vorstellung bilden, die erwähnten Gesetze könnten schon darum nie vollkommen streng sein, weil ihnen eine nur bedingte Anwendung mathematischer Vorstellungen auf physikalische Wirklichkeit zukäme.

Von dieser Seite die Strenge der Ausdrücke für die erwähnten Gesetze anzugreifen, würde allerdings ein Mifsverständnifs sein. Es handelt sich bei obigen Gesetzen doch zunächst um Elementargesetze, also, wenn wir wollen, der Beobachtung nicht unmittelbar zugängliche Gesetze. Wir beziehen den Ausdruck des Kraftgesetzes auf Volumelemente; indem wir diese Volumelemente im Sinne der Infinitesimalrechnung beliebig klein wählen, können wir mit ihnen wie mit Punkten rechnen. Zu der zusammengesetzten Wirkung zwischen endlich ausgedehnten Körpern schreiten wir dann durch Summation oder Integration der Elementarwirkungen. Die Summation würde in Betracht kommen, wo wir eine atomistische Konstitution der Materie zu Grunde legen, die Integration, wo wir die Materie den Raum stetig erfüllend annehmen, wie es dem Augenschein entspricht.

Von einer anderen Seite greifen wir die Strenge der Ausdrücke für das Newtonsche und Coulombsche Gesetz an. Wir stellen uns auf den empirischen Standpunkt, also den echt naturwissenschaftlichen Standpunkt und bemerken, dafs diese Gesetze ein Ausdruck eines reichen Beobachtungsmaterials sind, welches in sich vollkommen die Daten enthalten mufs, festzustellen, in wieweit sich die Strenge des Ausdrucks vertreten läfst. Dafs die erwähnten Gesetze ein der Wirklichkeit aufserordentlich nahe entsprechender Ausdruck sind, ist

zweifellos, aber theoretisch genommen läfst sich hier vorläufig noch nicht voraussehen, ob und nach welcher Richtung wir eventuell eine Abweichung von dem formulirten Gesetz und von welcher Gröfsenordnung zu erwarten haben werden.

Das Newtonsche Gesetz beherrscht die Astronomie, und man sollte denken, dafs bei der berühmten und als mustergültig betrachteten Genauigkeit astronomischer Messungen sich gewifs weite Grenzen angeben liefsen, in denen eine Abweichung vom Gesetz ausgeschlossen wäre. Aber die Beantwortung der Frage liegt hier schwieriger, als es auf den ersten Blick scheinen mag, und ist wohl noch nicht gegeben. Ueberhaupt darf wohl einmal ausgesprochen werden, dafs die Sonderstellung, welche die Astronomie lange Zeit eingenommen und welche ihr vorübergehend bisweilen den Namen Königin der Wissenschaften verschafft hat, in der Vergangenheit liegt. An astronomischen Methoden und Messungen hat sich unter wesentlicher Beihülfe von Astronomen — ich erinnere an Bessel — als jüngere Schwester die Physik kräftig entwickelt, und infolge der greifbareren und zugänglicheren Objekte konnte es ihr nicht fehlen, in ihren Messungen weit gröfsere Genauigkeiten zu erreichen, als sie überhaupt in irgend einer anderen Wissenschaft möglich sind. Die Physik ist die Wissenschaft des Mafses und Messens geworden.

Die Frage nach dem Gültigkeitsbereich des Newtonschen Gesetzes berührt auch die Physik. Bei den Bestimmungsmethoden der Gravitationskonstanten, oder was auf dasselbe herauskommt, der mittleren Dichte der Erde, wenden wir das Newtonsche Gesetz noch auf endliche, verhältnifsmäfsig kleine Entfernungen an, aber es ist die Frage, ob sich dasselbe auch noch bis zu beliebig kleinen Entfernungen ausdehnen läfst. Es ist zu bemerken, dafs für unendlich kleine Entfernungen, die nach dem Newtonschen Gesetz berechnete Kraft nicht etwa unendlich grofs wird, denn mit abnehmender Entfernung mufs auch das Volumen der in Betracht kommenden anziehenden Massen abnehmen. Wir sind mit den Molekularkräften gewohnt als mit Kräften zu rechnen, die nur in unmerkbar kleinen Entfernungen wirken, in endlichen Entfernungen verschwinden, es entsteht die Frage, ob wir mit dem Newtonschen Gesetz diese Charakteristik der Molekularkräfte wiedergeben können. Sir W. Thomson[5]) hat sich mit solchen Fragen beschäftigt und glaubt die Frage mit ja beantworten zu können. Günstiger liegt die Beantwortung der angeregten Frage bei dem

[5]) W. Thomson, Vorträge und Reden I. deutsche Ausgabe pag. 47—50 aus Proc. Royal Society of Edinburgh, 21. April 1862.

Coulombschen Gesetz elektrostatischer Mengen. Aus dem Coulombschen Gesetz wird in der Elektrostatik abgeleitet, dafs sich in einem Leiter im Zustand des Gleichgewichts freie Elektrizität nur auf der Oberfläche, nicht im Innern des Leiters befinden kann. Die Prüfung dieser Behauptung ist der Beobachtung aufserordentlich scharf zugänglich, und so hat denn Maxwell aus eigens dazu angestellten Beobachtungen schliefsen können, dafs die 2 im Exponenten r^2 bis auf $^1/_{40000}$ des Werthes verbürgt werden könnte. Es interessirt uns nicht, dafs sich die Frage nach dem Gültigkeitsbereich des Coulombschen Gesetzes auch anders stellen liefse, die Hauptsache für uns ist, dafs auch ein Forscher wie Maxwell die Strenge des Ausdrucks für das Gesetz in Zweifel zieht und nach einem Grenzwerth strebt, der für die Ausdehnung des Gültigkeitsbereichs jedenfalls irgend einen Anhalt giebt.

Im Hinblick auf das Newtonsche und Coulombsche Gesetz können wir uns also folgendermafsen formuliren: Wenn wir auch noch kein Beobachtungsmaterial zur Angabe irgend welcher Abweichungen vom Ausdruck des Gesetzes verwerthen können, so müssen wir es vom naturwissenschaftlichen Standpunkt doch als aufserordentlich unwahrscheinlich bezeichnen, dafs wir schon den vollständigen Ausdruck des Gesetzes erkannt haben sollten. Das Fehlen theoretischer Gesichtspunkte für mögliche Abweichungen vom Gesetz in dem einen oder anderen Sinne kann hier um so weniger in Betracht kommen, als von einer theoretischen Auffassung der erwähnten Gesetze im Sinne etwa der Auffassung des Mariotte-Gay-Lussacschen Gesetzes durch die kinetische Gastheorie überhaupt nicht die Rede ist. Wir werden also auch die Gesetze für die im umgekehrten Quadrat der Entfernung wirkenden Kräfte nur als einen wesentlichen, keineswegs vollständigen Ausdruck für gewisse Naturvorgänge zu betrachten haben. Für das Biot-Savartsche Gesetz der elektromagnetischen Wirkung und für das Ampèresche Gesetz der elektrodynamischen Wirkung erscheint diese Auffassung nach neueren Forschungen ohnehin für geboten.

Ich wähle als letztes

III. Beispiel: Das Gesetz von der Erhaltung der Kraft.

Hier scheint die Sache ganz anders zu liegen. Das Gesetz schliefst zwar in sich viele offene Fragen, viele Unvollständigkeiten, es giebt z. B. nichts an über die Reihenfolge, in der unter gewissen Bedingungen eine Form der Energie in eine andere übergeht, aber den Inhalt des Gesetzes macht gerade die Behauptung aus, dafs bei aller Aenderung

der Formen doch die Gesamtmenge der Energie vollständig erhalten wird.

Bleiben wir bei der Anschauung stehen, die wir auf Grund der bisher betrachteten Naturgesetze gewonnen haben, dann würden wir uns auch hier gerade gegen die Behauptung einer vollständigen Erhaltung erklären und dafür nur eine Erhaltung im wesentlichen proponiren müssen. Gerade beim Satz von der Erhaltung der Kraft erscheint diese Stellungnahme bedenklich, wir könnten leicht in den Verdacht gerathen, dafs wir an die Möglichkeit eines perpetuum mobile glaubten, ein Standpunkt, den man doch nachgerade als überwunden in der Wissenschaft bezeichnen mufs. Wir werden daher hier etwas tiefer und weiter ausholen müssen.

Man hat bisweilen den Satz von der Erhaltung der Kraft dem Satz von der Erhaltung der Materie zur Seite gestellt, ja insbesondere der Physik ferner stehende Männer sind wohl bisweilen auch soweit gegangen, für den Satz von der Erhaltung der Kraft eine gewisse Apriorität in Anspruch zu nehmen, wie man es für den Satz von der Erhaltung der Materie thut. — Als Naturforscher können wir uns nicht genug gegen diese Auffassung aussprechen. Die Menschheit und insbesondere die Deutschen haben immer eine starke Vorliebe für metaphysische Auffassung der Probleme an den Tag gelegt, diese aber ist der gröfste Feind aller Naturwissenschaft. Diese metaphysische Vorliebe des Menschengeschlechts hat überhaupt die aufserordentlich späte Entwicklung der Physik in der Geschichte der Wissenschaft zur Folge gehabt; spekulirt hat man von jeher über die Natur, und es lag ja auch nichts näher, aber der Fehler war der, dafs man die Beobachtung verschmähte. Es ist bekannt, dafs in diesem Jahrhundert die Philosophie unter Hegels Leitung den letzten grofsen Versuch einer metaphysischen und so aprioristischen Auffassung der Natur und ihrer Gesetze machte, ein Versuch, der zwar momentan aufserordentlich imponirte und einen heute kaum begreiflichen Einflufs auf das Geistesleben ausübte, aber im Kampf mit ihm erstarkte die Naturwissenschaft, um einer völlig veränderten Beeinflussung des Geisteslebens in der entgegengesetzten Richtung Platz zu verschaffen.

Es ist wesentlich zu unterscheiden die Intuition, die Unmittelbarkeit der Anschauung, mit der ein Genie aus der Fülle des Beobachtungsmaterials die Aufstellung des Gesetzes als Ansatz wagt, aus dem rückwärts dann wieder die Welt der Erscheinungen abgeleitet werden kann, — und die metaphysische Spekulation und Behandlung, welche sich anmafst, zur Aufstellung des Gesetzes eines empirischen Materials nicht

zu bedürfen, das Gesetz vielmehr aus reinem Denken finden will. Ebenso sicher wie jene Intuition für die Forschung unentbehrlich ist, bildet die metaphysische Behandlung den Ausgang unzähliger Irrungen; denn die Welt der blofsen Denkmöglichkeiten, mögen diese auch in sich vollkommen widerspruchslos sein, ist viel umfangreicher, als die Welt der Wirklichkeiten, aber es kann der Welt der blofsen Denkmöglichkeiten nur insofern Werth zugesprochen werden, als ihr eine Beziehung zur Wirklichkeit zukommt.

So klar für den Naturforscher heute das Material zur formalen Auffassung des Gesetzes von der Erhaltung der Kraft liegt, es läfst sich nicht leugnen, dafs selbst Männer, die sich um die Erforschung des Gesetzes hoch verdient gemacht haben, ja denen entschieden eine Priorität in der Aufstellung desselben zukommt, von gewissen metaphysischen Spekulationen dabei nicht ganz freizusprechen sind. Ich denke an Robert Mayer und erwähne die spätere Darstellung des Gesetzes durch Dühring in seiner kritischen Geschichte der Prinzipien der Mechanik.[6])

Der Satz von der Erhaltung der Materie ist ein Postulat, ohne das Naturwissenschaft überhaupt nicht denkbar ist, und insofern eine aprioristische Voraussetzung. Der Satz von der Erhaltung der Kraft bezieht sich auf die Eigenschaft einer immerhin ziemlich komplizirten Funktion — Energie genannt —, und es fehlt wirklich ein zureichender Grund, weshalb sie gerade bei allen Wandlungen konstant bleiben sollte. Ein Professor der Philosophie sagte mir in der Unterhaltung einmal ganz richtig, dafs diese Funktion gerade konstant bleiben soll, ist nicht a priori einzusehen: er wollte allerdings a priori einsehen, dafs irgend eine, wenn auch unbekannte, Funktion diese Rolle spielen müfste.

Der Satz von der Erhaltung der Kraft ist, wie jedes Naturgesetz, zunächst eine Voraussetzung, welche als Führer für die Forschung bestimmt ist; mit der wachsenden Bestätigung durch die Beobachtung rückt diese Voraussetzung in den Rang eines Naturgesetzes. Das ist auch von vornherein die Auffassung von Helmholtz gewesen. Helmholtz hat das Verdienst, zuerst auf die allgemeine Bedeutung des Satzes für die ganze Physik aufmerksam gemacht zu haben; seine Vorgänger, darunter Robert Mayer, hatten sich nur immer auf die Anwendung des Satzes für die Wärmelehre beschränkt.

6) Man vergleiche v. Helmholtz, Vorträge und Reden. Bd I pag. 60, Braunschweig 1884.

Man hat nun weiter den Satz von der Erhaltung der Kraft mit einer Gedankenoperation verbunden, die man in der Physik umkehrbaren Kreisprozefs nennt und auf diese Weise die Vollständigkeit der Erhaltung der Energie zu demonstriren versucht. Wenn man auf irgend eine Weise ein System in einen ursprünglichen Zustand zurückführt und dabei auch nur ganz minimal Arbeit gewönne, dann würde danach das Prinzip der Erhaltung der Energie aufzugeben sein, man brauchte nur den Kreisprozefs oft genug zu wiederholen, um endliche Arbeit zu gewinnen. Bei dieser Betrachtungsweise scheint der Nachdruck gerade auf die Bezeichnung vollständig in der Erhaltung der Energie gelegt werden zu müssen. Aber es ist hervorzuheben, dafs umkehrbare Kreisprozesse eine Abstraktion sind, die in der Natur nie ganz strenge vorkommen. Die Naturprozesse spielen sich in einer ganz bestimmten Richtung ab, die Energie wird nach gewissen anderen Gesetzen (dem Gesetz der Vermehrung der Entropie) zerstreut. Darauf beruht es auch, dafs die Unmöglichkeit eines perpetuum mobile noch sehr wohl bestehen könnte neben einem nicht vollständig strengen, nur im wesentlichen richtigen Gesetz von der Erhaltung der Kraft.

Ich will mich in dem Gesagten nicht unbedingt gegen die Anschauung einer vollständigen Erhaltung der Energie aussprechen, mir kommt es hauptsächlich an, einmal darauf hinzuweisen, dafs der Anschauung einer nur wesentlichen Erhaltung der Energie nichts im Wege steht, ja dafs diese Anschauung das Gute hat, zu keinen metaphysischen Irrwegen Veranlassung zu geben, dafs sie geeignet ist, die wahre erkenntnifs-theoretische Seite des Satzes zu erläutern, dafs sie im ganzen der Art und Weise entspricht, mit der Helmholtz den Satz von der Erhaltung der Kraft als Voraussetzung in die Physik einführte.

Der Beispiele werden genug sein. An der Hand dreier Gesetze haben wir den Gedanken erwiesen, der einem Naturforscher heutiger Zeit von vornherein geläufig sein müfste, dafs, wenn wir auf empirischem Wege zu Gesetzen fortschreiten, die Gesetze auch weiter nichts beanspruchen dürfen, als eine Wiedergabe des empirischen Materials in komprimirter Form, gültig in den Grenzen, in denen sich die Beobachtung bewegt, zu sein.

Wenn man heutzutage die Strenge der Gültigkeit eines Naturgesetzes verwechselt mit der Strenge des Ausdrucks oder die allgemeine Anwendbarkeit des Gesetzes verwechselt mit einer unbegrenzten Ausdehnung, dann macht man sich gewisser Erschleichungen schuldig,

welche für das Gebiet metaphysischer Spekulation zwar aufserordentlich fruchtbar sein mögen, mit der Wirklichkeit, der Wahrheit aber nur zu Konflikten führen können. Erklärlich sind solche Voraussetzungen durch die schon vorhin erwähnte, dem Menschen sozusagen angeborene Vorliebe für die Metaphysik.

In unserer Auffassung über die Genauigkeit der Naturgesetze liegt ein für die Forschung und damit für die weitere Entwicklung der Wissenschaft aufserordentlich fruchtbares Moment. Jede Vervollkommnung der Beobachtungsmethoden wird entweder die Grenzen der Gültigkeit eines Gesetzes erweitern oder wird die Grenzen des Gesetzes kennen lehren. Ich wüfste nicht, welches Ergebnifs dem Forscher willkommener erscheinen mag, vielleicht die Erkenntnifs der Grenze, denn dann steht der Forschung ein neues weites Gebiet offen; an die Abweichungen vom Gesetz können sich Spekulationen der interessantesten Art knüpfen, wie das gelegentlich des Mariotte-Gay-Lussacschen Gesetzes auseinandergesetzt ist. Der Werth einer recht genauen Konstantenbestimmung ist von diesem Gesichtspunkt aus verständlich.

Ein der Naturwissenschaft nahe stehender Bekannter äufserte sich mir gegenüber einmal sehr ablehnend gegen die Richtung der physikalischen Forschung, welche Werth darauf legt, die letzte Dezimale einer physikalischen Konstanten zu berichtigen; das ist eine Konsequenz des anderen von uns nicht vertretenen Standpunkts, welcher fragt, welcher Nutzen daraus für naturwissenschaftliche Ideen entspringen könnte, die Genauigkeit auf die Spitze zu treiben, und welcher eine Rückwirkung auf die Wissenschaft daraus leugnet. Wer auf diesem Standpunkt steht, denkt sehr eng von dem unermefslichen Reichthum der Schöpfung. Die Geschichte der Physik enthält Beispiele genug von der Wichtigkeit einer derartigen Berichtigung, ich denke z. B. an Bessels Bestimmung der Länge des einfachen Sekundenpendels.

Mit der genauen Bestimmung physikalischer Konstanten ist der Fortschritt der Wissenschaft auf das innigste verbunden, und es ist erklärlich, wie es kommt, dafs in der Geschichte der Physik Zeiten glänzender Entdeckungen mit Epochen unscheinbarer ruhiger Sammlung abwechseln. Bei aller Achtung vor der Gröfse unserer physikalischen Meister mufs man berücksichtigen, dafs, als sie auftraten, die Zeit gekommen war, da jeder Spatenstich Aussicht auf lohnenden Erfolg gab. Solch eine Zeit liegt jetzt hinter uns, wir befinden uns wohl wieder in einem Stadium, welches weitere Entdeckungen vorbereiten hilft. Die Entdeckungen werden oft ohne grofse Mühe und Arbeit

gemacht, aber die Bedingungen für dieselben schaffen, ist der ebenso arbeitsreiche wie nothwendige Theil der Vorbereitung dazu.

Wir kehren jetzt zur Charakteristik der Aufgabe der Physik zurück. Wir haben am Anfang Kirchhoffs Formulirung der Aufgabe der Mechanik erwähnt, und wir wollen jetzt, wie wir es schon früher thaten, eine Erweiterung derselben auf die gesamte Physik und auf die gesamten Naturwissenschaften als Anhaltspunkt zum Ausgang unserer weiteren Betrachtungen wählen, ohne dafs damit eine Wiedergabe des Kirchhoffschen Standpunktes behauptet werden soll. Diese erweiterte Formulirung würde also lauten: Aufgabe der Physik und der Naturwissenschaften überhaupt ist es, die in der Natur stattfindenden Vorgänge vollständig und auf die einfachste Weise zu beschreiben.

Wir haben schon anfänglich unser Einverständnifs ausgedrückt, dafs in der That unsere Naturerkenntnifs nichts anderes als eine gewisse Art der Beschreibung ist. Die dann weiter angestellten Betrachtungen lassen die Aufgabe der Physik in einem wesentlich eingeschränkteren Ziele sehen, als sie durch eine vollständige Beschreibung ausgedrückt wird. Jede Erscheinung ist für uns, auch wenn wir sie, durch Instrumente unterstützt, beobachten, etwas Unvollständiges; schon die psychophysische Thatsache, dafs jeder äufsere Reiz seinen Schwellenwerth überschritten haben mufs, um auf uns einwirken zu können, bestätigt diese Auffassung.

Wenn nun auch dieser Schwellenwerth für das einzelne Individuum bei gegebener Disposition seinen ganz bestimmten festen Werth hat, so ist doch durch denselben innerhalb der äufseren, durch die Gröfsenordnung unterscheidbaren Vorgänge eine für diese vollkommen willkürliche Scheidewand gezogen. Die in verhältnifsmäfsig grofsen Dimensionen oder in verhältnifsmäfsig intensiven Verhältnissen stattfindenden Vorgänge treten in das Bewufstsein der Erscheinung, die anderen nicht. Diese für die aufserhalb uns stattfindenden Vorgänge durchaus willkürliche Scheidewand kann zwar durch Verfeinerung der instrumentellen Hülfsmittel und Methoden zurückverlegt werden, aufgehoben werden nie.

Dadurch wird von vornherein ein Einwand gegen die Behauptung der Unmöglichkeit einer vollständigen Beschreibung beseitigt, der darin besteht, dafs unsere Theorien und Vorstellungen ja mit dazu helfen sollen, das festzustellen, was jenseits der Schwelle der Erscheinung thatsächlich vor sich geht — ich erinnere an die Ergebnisse der kinetischen Gastheorie. Gewifs bedingen Vorgänge, die sich unterhalb der Schwelle des Bewufstseins abspielen, Erscheinungen, die in unser Bewufstsein

treten, aber dies doch nur theilweise; sie werden auch Vorgänge bedingen, die sich unter dem Schwellenwerth des Bewufstseins abspielen, und deren Kenntnifs doch für eine Vollständigkeit der Beschreibung nothwendig sein dürfte. Die Grenzen unseres Naturerkennens scheinen mit dadurch bedingt.

Wir ziehen es vor, den thatsächlichen Verhältnissen entsprechend, als Aufgabe der Naturwissenschaften zu bezeichnen, die in der Natur vor sich gehenden Erscheinungen im wesentlichen zu beschreiben. Der Begriff des Wesentlichen hat in der Physik seine grofse Bedeutung, auch abgesehen von den Fällen, die schon zur Sprache gebracht sind. Selbst in den Fällen, in welchen uns strenge — wir können in gewissem Sinne sagen — vollständige Formeln zur Verfügung stehen, ziehen wir es auf Kosten der Strenge bezw. der Vollständigkeit vor, dieselben nach Gröfsenordnungen zu entwickeln, um zu erkennen, welche Gröfse für das Resultat wesentlich sei, also eine genauere Bestimmung erfordere. Ohne damit eine Nachlässigkeit zu begehen, vernachlässigen wir kleine Werthe gegenüber gröfseren; wir bleiben im Gebiet des Exakten, wenn wir die Fehlergröfse in jedem Augenblick angeben können.

Dieser Begriff des Wesentlichen, der zu dem innersten Wesen der Physik — und ich meine der Naturwissenschaften überhaupt gehört, mufs in die Auseinandersetzung der Aufgabe der Physik Aufnahme finden. Der Begriff des für die Erscheinung Wesentlichen überträgt sich theilweise von dem „unter der Schwelle der Erscheinung" liegenden Theil der Vorgänge auf den wahrnehmbaren, nachweisbaren Theil. Mit anderen Worten: auch innerhalb der Welt der Erscheinungen werden wir für gewisse Zwecke den wesentlichen und unwesentlichen Theil trennen können. Das Prinzip der Superposition gestattet in den meisten Fällen eine derartige Trennung der Betrachtung. Im letzten Grunde entscheidet jedesmal die Theorie, welcher Theil der Erscheinung für sie wesentlich ist. So erscheinen z. B. die Dispersionserscheinungen bei der Brechung zur Entscheidung der Frage, ob das Licht eine elastische oder eine elektromagnetische Erscheinung ist, gänzlich unwesentlich. Darauf beruht es, dafs die Entwicklung einer Theorie des Lichtes auch dann noch Werth hat, wenn sie von den Dispersionserscheinungen keine Rechenschaft ablegt.

Wir haben im Anschlufs an Kirchhoff die Aufgabe der Physik noch nach einer anderen Richtung charakterisirt, die wir jetzt zu besprechen haben. Danach soll die Aufgabe der Physik auch darin bestehen, die Naturvorgänge auf die einfachste Weise zu beschreiben.

Es liegt hierin unter anderem die Einführung eines Moments, von dem man neuerdings auch in der reinen Mathematik zu sprechen angefangen hat: die Einführung eines gewissen ästhetischen Moments, des Geschmacks. Es kann unter Umständen ein Zweifel über die Einfachheit der Beschreibung obwalten, und dann entscheidet der Geschmack. Abgesehen von diesem Moment des Geschmacks kann man sich an der geschichtlichen Entwicklung mancher Probleme die Bedeutung dieser Forderung der einfachsten Beschreibung klar machen.

Die Geschichte der Behandlung der Planetenbewegung erscheint z. B. dazu geeignet. Es gab eine Zeit der Spekulation, in welcher Werth darauf gelegt wurde, alle Planetenbewegungen auf die Erde als ein festes Zentrum zu beziehen. In der That, warum sollte auch nicht die Planetenbewegung in Bezug auf eine feste Erde beschrieben werden, entsprach doch dieser geozentrische Standpunkt dem sinnlichen Augenschein; es waren die Zeiten der Systeme eines Ptolemäus und Tycho Brahe. Copernikus zeigte, dafs die Beschreibung der Planetenbewegung vom heliozentrischen Standpunkt eine viel einfachere sei, und Keppler verbesserte sie. Eine einfache Transformationsgleichung gestattete, vom heliozentrischen Standpunkt zum geozentrischen überzugehen. Newton endlich vereinfachte die Beschreibung noch weiter, indem er die Planetenbewegung als eine konsequente Folge gewisser mechanischer Grundsätze darstellte; es ist bemerkenswerth, dafs durch die einfachere Beschreibung Newtons zugleich eine Vervollständigung der Kepplerschen Gesetze gegeben wurde.

Die Aufgabe der Physik, die Naturerscheinungen auf die einfachste Weise zu beschreiben, deckt sich in vielen Fällen mit der Aufgabe einer einheitlichen Behandlung und Darstellung. Als Newton nachwies, dafs die Schwere ein spezieller Fall der Gravitation sei, war damit eine einheitliche Behandlung für Gebiete geschaffen, die man bis dahin für weit auseinander liegend gehalten hatte. Nicht immer ist es die Entdeckung der Identität zweier bis dahin unterschiedener Naturkräfte, welche zu einer einheitlichen Bearbeitung herausfordert, in den meisten Fällen übernimmt die Analogie nach dieser Richtung die Rolle eines Führers in der Forschung.

Es läfst sich nicht leugnen, dafs der durch das Newtonsche Gesetz eingeführte Begriff der Fernwirkung nicht nur die Beschreibung vereinfachen half, sondern auch zu einer einheitlichen Behandlung des ganzen Gebietes der Kraftwirkung Veranlassung gab. Die unter II erwähnten Kraftgesetze sind nach dem Vorbilde des Newtonschen Gesetzes gebildet und haben jedenfalls zu einer einheitlichen Behand-

lung der Physik viel beigetragen, wenn auch neuere Forschungen unsere Anschauungen darüber geändert haben.

Wer wollte weiter leugnen, dafs durch Einführung des durch den Satz von der Erhaltung der Kraft gegebenen Begriffes der Energie die Darstellung der physikalischen Erscheinungen nicht nur einfacher, sondern auch einheitlicher geworden ist?

Die einheitliche Behandlung scheinbar weit auseinander liegender Gebiete hat schon wiederholt auf die merkwürdigsten Beziehungen hingewiesen, deren nähere Untersuchung dann der Forschung ein willkommenes Objekt war; und umgekehrt, wenn sich zufällig eine merkwürdige Beziehung zwischen verschiedenen Gebieten angehörenden Konstanten ergab, hat die Physik mit Recht darin nur die Aufforderung erblickt, einer einheitlichen Behandlung dieses Gebiets nachzuspüren, wenn anders eine solche noch nicht vorlag.

Die elektromagnetische Lichttheorie bietet hier ein sehr nahe liegendes Beispiel. Die merkwürdige Uebereinstimmung des Werthes für die Anzahl der in der elektromagnetischen Stromeinheit enthaltenen elektrostatischen Einheiten, welcher sich der Dimension nach als Geschwindigkeit ergiebt, mit der Lichtgeschwindigkeit war für Maxwell der Ausgangspunkt zur Aufstellung dieser Theorie. Die elastische Lichttheorie stand damals schon auf einer verhältnifsmäfsig hohen Stufe der Entwicklung, aber es wäre nicht richtig gewesen, darum die Anregung zurückzuweisen, welche in jener merkwürdigen Uebereinstimmung zweier Konstanten mit physikalisch so verschiedener Bedeutung lag. Im Verlauf hat die elektromagnetische Lichttheorie dann ihrerseits zu Beziehungen geführt, die bis dahin zu vermuthen kein Grund vorlag. Das Verhältnifs der Lichtgeschwindigkeiten in zwei Medien, wie es durch den Brechungsexponenten gegeben ist, müfste gleich dem Verhältnifs der Dielektrizitätskonstanten sein; es müfste weiter eine gewisse Beziehung zwischen der Durchsichtigkeit und elektrischen Leitungsfähigkeit bestehen.

Von unserem Standpunkt werden wir eher eine wesentliche Bestätigung dieser Beziehungen, als eine vollständige erwarten dürfen; und wo wir die Bestätigung auch nicht einmal als wesentlich ansehen können, und Gründe für eine Abweichung nahe liegen, werden wir doch mindestens die Fruchtbarkeit der Theorie zugestehen müssen, welche zu experimentellen Forschungen Veranlassung giebt, zu denen sonst nicht die geringste Anregung vorläge. Darin besteht ja überhaupt der wesentliche Vortheil der Existenz einer Theorie, dafs der Beobachtung eine gewisse Richtung gegeben wird, und es ist bis jetzt

wenigstens geschichtlich begründet, dafs eine Theorie um so richtiger, der Wirklichkeit entsprechender sich ergeben hat, je fruchtbarer sie sich erwies, je mehr sie zu Beobachtungen, neuen Gedanken und Ideen Veranlassung gab.

Es bleibt uns jetzt die Frage, ob wir im Anschlufs an Kirchhoff die Aufgabe der Naturwissenschaften erschöpfend charakterisirt haben. Kirchhoff hat in dem ersten Kapitel seiner Mechanik von dem Standpunkt einer gröfstmöglichen Einfachheit der Beschreibung einen Gegenstand behandelt, zu dessen Bearbeitung in der Geschichte der Wissenschaft Jahrhunderte nöthig waren, dessen Auffassung und Gestaltung als die grofsartigste von fundamentalster Bedeutung auch heute noch hingestellt werden mufs, welche die Physik erst begründet hat. Kirchhoffs Behandlung dieses Gegenstandes besteht darin, dafs er bei der Beschreibung in der Natur gegebener Bewegungen die ersten und zweiten Differentialquotienten der Koordinaten eines materiellen Punktes nach der Zeit untersucht; er findet die Ausdrücke für die zweiten Differentialquotienten besonders einfach, die Einfachheit des Ausdrucks giebt ihm Veranlassung zur Einführung der Bezeichnung Kraft.

Rein mathematisch betrachtet läfst sich gegen Kirchhoffs einfache Beschreibung nichts sagen, sie erscheint als ein Kunstwerk, das dem Beschauer in mancher Beziehung unvermittelt gegenübersteht, vielleicht noch besser als ein Kunststück, welches gelingt, nachdem in der geschichtlichen Entwicklung ein anderer Weg zum Ziele geführt hatte.

Vom physikalischen Standpunkt aber ist vielleicht kein Beispiel wie das erwähnte geeignet, den Mangel der Kirchhoffschen Behandlung zur Anschauung zu bringen. In dem Streben nach Einfachheit der Beschreibung wird über Begriffe hinweggegangen, und werden Begriffe geradezu verschwiegen, deren Unkenntnifs man jedem Physiker nur zum schwersten Vorwurf machen könnte: Das Galileische Trägheitsgesetz findet bei Kirchhoff keine Erwähnung, und entsprechend wird der Massenbegriff in einer Weise eingeführt, wie sie in keinem Verhältnifs zur Wichtigkeit dieses Begriffes steht.

Die einfachste Beschreibung läfst eben noch eine wesentliche Ergänzung zu, welche das Kausalitätsbedürfnifs in weit höherem Grade befriedigen hilft, und das ist die Beziehung auf innere Anschauung, auf konstruirbare Vorstellung, wie sich Gaufs[7]) gelegentlich einmal ausdrückt. Ohne diese innere Anschauung bleibt

[7]) Gaufs Werke Bd V, pag. 629. Brief von Gaufs an W. Weber aus dem Jahre 1845.

die Entwicklungsgeschichte der Wissenschaft unverständlich, erscheint eine Forschung undenkbar, es mufs daher die Pflege dieser inneren Anschauung, dieser Vorstellbarkeit in die Aufgabe der Physik aufgenommen werden. In einem Entwicklungsstadium, in dem es sich zunächst um eine Zeichnung des Grundrisses einer Disziplin handelt, in dem naturgemäfs noch kein Fundament auf sicherem Untergrunde gelegt werden kann, ringt der menschliche Geist nach Anschauung und mufs durch Anschauung das ersetzen, was später eine strenge Analyse vielleicht als doch nicht ganz so anschaulich ergiebt. Die spätere Entwicklung der Wissenschaft giebt die Berechtigung der Anschauung innerhalb gewisser Grenzen.

Es ist interessant, zu verfolgen, welche Rolle die konstruirbare Vorstellung in der Forschung gespielt hat und noch spielt. Es ist bekannt, wie Newton[8]) sich erkenntnifs-theoretisch zum Begriff der unvermittelten Fernwirkung gestellt hat. Thatsache ist, dafs seine Nachfolger bis Ende dieses Jahrhunderts mit der Fernwirkung wie mit einer konstruirbaren Vorstellung rechneten. So grofs ist die Macht der Gewohnheit, welche das Ueberkommene auf uns ausübt, dafs dasselbe, auch wenn es sich thatsächlich einer inneren Anschauung entzieht, wie es doch mit der Newtonschen Fernwirkung der Fall ist, als innere Anschauung selbst ausgegeben werden kann. Solange das Schema des Newtonschen Gesetzes Verwerthung zur Konstruktion elektrischer und magnetischer Gesetze fand, liefs sich vom Standpunkt einer einheitlichen Behandlung nichts anderes sagen, als dafs der Begriff der Fernwirkung unserem Kausalitätsbedürfnifs unvermittelt gegenüber steht; aber ich kann mich des Eindrucks nicht erwehren, dafs die weitere Verwerthung der Fernwirkung in Spezialforschungen zur Konstruktion aller möglichen Kraftgesetze zwischen den kleinsten Theilen, sei es der ponderabeln Materie, sei es des Aethers, sei es beider, die Fernwirkung als konstruirbare Vorstellung in Mifskredit gebracht hat. Es ist selbstverständlich, dafs man durch Einführung irgend welcher Kraftgesetze alles Mögliche ableiten kann, aber es ist ebenso selbstverständlich, dafs man nicht rückwärts daraus auf eine nothwendige Existenz jener Kraftgesetze schliefsen darf. Die Umwälzungen, welche sich heute innerhalb der Theorie des Lichtes vollziehen, bieten lehrreiche Beispiele dafür.

Faraday war der erste, welcher mit einer konstruirbaren Vorstellung den Begriff der Fernkraft aufzuklären suchte. Den Raum

[8]) Man vergleiche die Briefe von Newton an Bentley aus Brewsters Leben Newtons.

sah er stetig mit Kraftlinien erfüllt, mit diesen Kraftlinien als anschaulichem Objekt, arbeitete sein Forschungsgeist, ohne dafs seine Zeitgenossen ihm auf diesem Wege der Anschauung folgen konnten. Wir lesen noch mit Interesse, wie v. Helmholtz[9]) von sich erzählt, wie oft er gesessen habe, „hoffnungslos auf eine seiner Beschreibungen von Kraftlinien und von deren Zahl und Spannung starrend, oder den Sinn von Sätzen suchend, wo der galvanische Strom als eine Axe der Kraft bezeichnet wird.“

Die Engländer sind es besonders, von denen die Anregung ausgegangen ist, alle Naturerscheinungen durch Modelle sich zu veranschaulichen. Gegenwärtig ist es besonders Sir W. Thomson, welcher den Standpunkt vertritt, dafs eine physikalische Erscheinung nicht eher verstanden und erkannt sei, als bis sie durch ein mechanisches Modell nachgeahmt sei, an dem ein analoger Vorgang wahrgenommen werden kann. Es würde zu weit führen, diese Seite der Aufgabe der Physik diesmal noch genauer zu behandeln. So bedenklich es in den Naturwissenschaften ist, die Vorstellung zu sehr zu spezialisiren, wie es durch Beziehung auf ein Modell meistens geschieht, so kann doch vielleicht die weitere Entwicklung der Physik dadurch mit bedingt werden. Es würde der Kausalitätsbegriff dadurch nicht nur eine Modifikation, sondern vor allem eine Vertiefung erfahren. Mit diesem Ausblick wollen wir schliefsen: Wir betrachten es als Aufgabe der Physik, die allgemeinen Vorgänge in der Natur nicht nur im wesentlichen und auf die einfachste Weise einheitlich beschreiben, sondern auch innerlich anschauen und konstruirbar sich vorstellen zu können.

Ich bin geneigt, diese Formulirung der Aufgabe auf die gesamten Naturwissenschaften zu erweitern.

[9]) v. Helmholtz, Vorträge u. Reden II., pag. 277, in seiner „Faraday lecture“.





Das Antlitz der Erde.

Von Dr. **M. Wilhelm Meyer** und Dr. **Paul Schwahn.***)

(Fortsetzung.)

So mufste also nach strengerer Prüfung der Vulkanismus, so ungeheuerlich auch dem Menschen seine Wirkungen erscheinen, zu einem untergeordneten Agens beim Aufbau der Erdoberfläche herabsinken; man mufste andere, andauernder arbeitende Kräfte zur Erklärung herbeirufen.

Als die hauptsächlichste dieser Kräfte erkannten wir bereits die Kälte des Weltraums, jene unerschöpfliche Quelle andauernder Arbeitsleistung, gegen welche die irdischen Kraftquellen völlig verschwinden Nur diese allein war im stande, Erdschollen von der Ausdehnung ganzer Kontinente zu bewegen und dem Antlitz der Erde seine grofsen Charakterzüge, wechselnd mit dem Alter des Planeten, aufzuprägen. So entstanden auch die Gebirge als Altersrunzeln der mehr und mehr zusammenschrumpfenden Erde unabhängig von den Vulkanen, welche man als Auswüchse, als Geschwüre zu betrachten hat, die nur da auftreten, wo eine abnorme Entwickelung zu solchen krankhaften Entzündungen führen mufste.

Auch in der Landschaft des Vesuv spricht sich deutlich die isolirte Stellung der Vulkane gegenüber den Kettengebirgen aus. Längs der ganzen italischen Halbinsel zieht sich der Höhenzug der Apenninen hin, ohne irgendwie Spuren des Vulkanismus zu zeigen. Als Ausläufer desselben erhebt sich unweit des Vesuv im Süden die Kette des Monte Angelo, dessen Fufs, am wundervollen Golf von Salerno ins Meer hinabreichend, die Meerenge zwischen dem Festlande und Capri bildet.

Blicken wir von dieser Insel, etwa von ihrem höchsten Punkte, dem Monte Solaro, gen Norden, so haben wir vor uns das rauchende Haupt des Vesuv; linker Hand die durch ihre entsetzlichen Erdbeben zu trauriger Berühmtheit gelangte Insel Ischia mit dem

*) Auszug aus einem in der Urania zu Berlin gehaltenen, decorativ ausgestatteten Vortrage.

erloschenen Feuerberge Epomeo, rechter Hand den Monte Angelo. Aber keine Verbindung ist zwischen dem Vesuv und Capri zu entdecken, auch kein Zeichen irgend welcher vulkanischen Einflüsse. Die ganze Insel ist aus sekundärem Kalkstein aufgebaut.

Wenden wir uns inzwischen einem der merkwürdigsten Naturwunder dieser schönen Insel zu, dem sogenannten Arco naturale, jenem riesigen Triumphbogen, welchen die Natur hier errichtet hat.

Seine Entstehung zeigt einen bedeutungsvollen Gegensatz zu der jener Feuerberge. Nicht in plötzlichen mit zügelloser Gewalt auftretenden Paroxismen wurde dieses Felsenthor geschaffen, sondern es entstand als das schliefsliche Resultat millionenfacher allerkleinster Wirkungen, die sich durch ungezählte Jahrtausende hindurch summirten, um schliefslich eine so grofse Wirkung hervorzubringen. Und eben gerade mit diesen, in mikroskopisch kleinen Räumen unablässig arbeitenden Wirkungen hat die Natur überall ihre gröfsten und schönsten Werke hervorgebracht; ihnen allein verdankt das Antlitz der Erde alle jene interessanten Züge in ihren gröfsten Umrissen sowohl, wie in ihren intimsten Details. Die Natur wuchs und entwickelte sich wie jedes einzelne ihrer Geschöpfe mit unmerklich vorschreitender Stetigkeit; revolutionäre Unterbrechungen dieser friedlichen Stetigkeit waren die Krankheiten, welche die Erde gleich ihren Geschöpfen zu erleiden hatte. Aber diese Krankheiten erstreckten sich niemals über ihren ganzen Körper; nur sehr wenig ausgedehnte Theile desselben wurden zeitweilig der gesunden langsamen Entwicklung entzogen.

Wie die Gesteine dieses wunderbaren Felsenthores wurden auch alle übrigen der schönen Insel einstmals als Schlamm auf dem Grunde eines Meeres abgelagert. In Jahrtausende langer Arbeit häufte das Meer ein mikroskopisch kleines Steinkörnchen, das es vom Uferfelsen losgerissen hatte, nach dem andern auf seinem Grunde an und bettete darin die Reste der Organismen vorzeitlicher Tage. Und wieder in unbezifferten Aeonen erhärtete sich dieser Schlamm zu festem Gestein. Dann hob sich derselbe aus dem Meere empor, getrieben von den gebirgsbildenden Kräften, welche den härtesten Felsen biegsam zu machen im stande sind, so dafs sich seine Schichten falten und förmlich kräuseln müssen. Und nun begann das Meer, wie Penelope, das eigene Gewebe aus Felsschichten wieder aufzulösen: Die brandende Woge reifst Sandkorn von Sandkorn los und lagert es abermals auf seinem Grunde ab: Der Kreislauf beginnt aufs neue.

Zwar hat wohl das Meer an der Bildung dieses Felsenthores nicht den hauptsächlichsten Antheil gehabt. Es befindet sich, wenigstens gegenwärtig, ein gutes Stück landeinwärts von der Strandlinie. Die Verwitterung war es, das unscheinbarste, unmerklichste Agens, welches, der nagenden Sorge gleich, dem Antlitz der Erde seine markantesten Züge aufprägte und auch dieses Thor allmählich auszumeisseln vermochte.

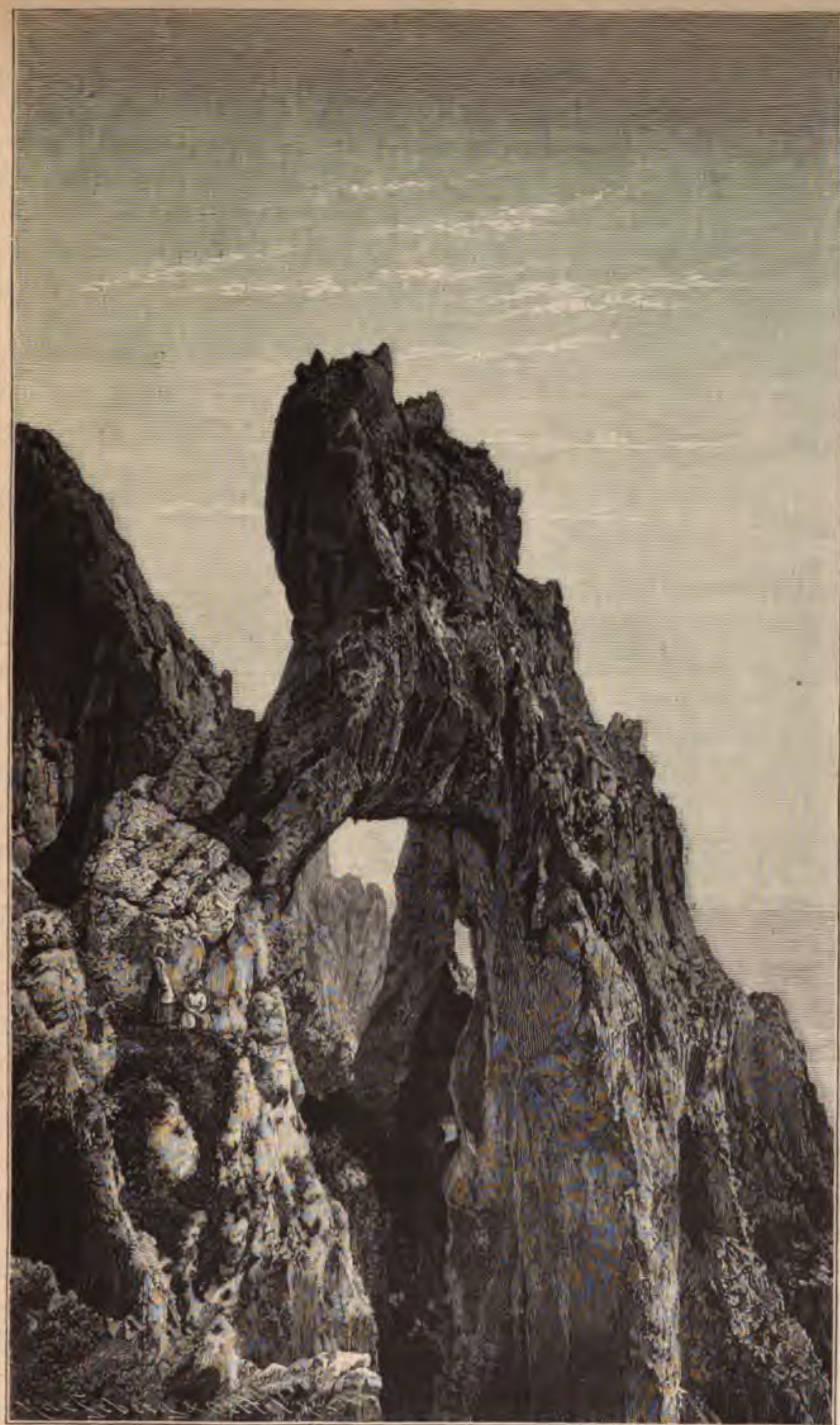
Der sickernde Wassertropfen beginnt die Arbeit; er lockert das Gestein, wäscht und laugt es aus und gräbt, wo ein Rinnsal sich einen Weg bahnt, Furchen, Höhlungen in den Stein. Dann kommen die Organismen, welche das kleinste Fleckchen Erde ausnützen, um es für das Leben zu erobern, um ihm Empfindung, einen Hauch des höchsten Geistes, einzuflöfsen. Und dieses Leben mit seinen scheinbar so gebrechlichen Organen nimmt siegreich den Kampf mit dem härtesten Gestein auf. Die Milliarden von Mikroorganismen, welche sich zuerst hier ansiedeln, das sind die Bazillen des Felsens. Ihre Verwesungsprodukte leiten eine chemische Zersetzung desselben ein, er wird mürbe und bietet alsbald fruchtbaren Boden für immer grössere Organismen, deren Wurzeln geradezu Steinbrechinstrumente werden. Nicht umsonst nennt man eine jener Pflanzen das Steinbrechkraut; auch die Alpenrose, deren zarte Blüthen das Entzücken des Gebirgswanderers sind, zertrümmert unmerklich das Felsgestein, an welches sie sich klammert. Und was die mächtigen Wurzelarme der ragenden Gebirgstannen vermögen, das sieht man ja deutlich allerorten.

Der Verwitterungsprozefs mochte nun längs einer ungefähr horizontalen Schicht, welche an und für sich bereits lockerer war, etwas schneller vor sich gehen als höher oder tiefer.[8]) Wenn nun noch durch zwei senkrecht verlaufende Wasserrinnen gleichfalls tiefere Einschnitte in den Felsen erzeugt worden sind, so ist dadurch der Rahmen für ein Thor markirt, das sich immer mehr und mehr durch die gelockerten und abstürzenden Felsen öffnet. So mag auch diese berühmte Felsengruppe des Arco naturale entstanden sein. —

Doch wir dürfen uns hier nur flüchtig mit dieser Detailarbeit der Natur beschäftigen. Das schöne Eiland birgt noch eine Fülle

---

[8]) An Felswänden beobachtet man, dafs die Verwitterung namentlich dort rasche Fortschritte macht, wo längs einer Verwerfungslinie starke Querzerklüftungen der Gesteinsmasse stattgefunden haben. An solchen Stellen bildet sich zunächst ein Loch im Felsen, ein sogenannter „Ofen“. Die Ofenbildung geht der Thorbildung in der Regel voran.



Der Arco naturale auf Capri
nach einer Photographie.

des Interessanten. Das gröſste Wunderwerk ist die berühmte blaue Grotte von Capri.

Um sie zu besuchen, muſs man sich einem kleinen Nachen anvertrauen, von einem besonders geübten Schiffer geführt. Er lenkt den Kahn der jäh abstürzenden hohen Felswand direkt entgegen. Ein wahnwitziges Unternehmen scheint es, und wir meinen, das schwanke Fahrzeug müſste im nächsten Augenblick am Felsen zerschellen, uns zum sicheren Tode.

Aber, o Wunder! Wie mit einem Zauberschlage zertheilen sich die Felsen und wir sind versetzt in eine wogende, flimmernde Fluth von blauem Lichte, das aus unsichtbarer Quelle strömend, die weite Wölbung märchenhaft verklärt.

Niemand wagte es in die verrufene Höhle einzudringen, bis im Jahre 1826 der Maler Kopisch in Begleitung des Notars Giuseppe Pagano, dessen Sohn Michele, des Malers Ernst Fries und des Schiffers Angelo Ferraro das Wagestück unternahm, das Innere der Grotte schwimmend zu erforschen. Pagano hatte die ersten Anregungen dazu gegeben und den Schiffer Angelo empfohlen als einen Mann, der so zu rudern verstehe, daſs er die Todten wieder aus der Unterwelt zurückholen könne.

Seitdem ist die Zaubergrotte jedermann zugänglich. Sie ist recht eigentlich ein Werk des in der Tiefe wirkenden Wassers. Während wir am Arco naturale die Arbeit des Regentropfens an der Oberfläche des Felsens erkannten, verfolgen wir hier die unablässig unterirdisch wühlende Thätigkeit des sickernden Tropfens. Das Wasser gräbt sich nach und nach ganze unterirdische Fluſsläufe aus. Zunächst hatte nun die Höhle, und also auch das in derselben sich ansammelnde Wasser, wohl noch keinen Ausweg zum Meere. Als aber die Höhlung sich durch die Gewalt des Wassers nach dem Meere hin erweiterte, muſste endlich ein Durchbruch stattfinden. Die Fluthen strömten befreit hinaus ins grenzenlose Meer und eine Lichtfluth wogte dafür zurück, nicht nur durch die Oeffnung selbst, sondern mehr noch durch die blauen Wasser hindurch. Denn die Beleuchtung wird stets kräftiger und schöner, wenn eine Woge bei bewegter See gelegentlich die enge Oeffnung dem direkten Tageslichte verschlieſst. Das Licht wird unter dem Wasser an der Oberfläche desselben total reflektirt; es kann aus dem Wasser direkt garnicht hinaus und erfüllt es deshalb ganz und gar mit silberner Strahlenfluth. Nur der Widerschein des blauflammenden Wassers durchwebt mit sanftem Nebelschimmer den Raum und seine diamantenbehangenen Tropfsteinzapfen.



Die Küste bei Porto Venere.

Wie hier auf Capri, so tritt dem tiefblickenden Auge des Forschers auch an tausend anderen Orten des Erdenrunds ein wunderbarer Kreislauf des Werdens entgegen. Dasselbe sickernde Wasser, welches die Höhle ausgrub, beginnt sie alsbald auch wieder auszufüllen. Gesättigt durch Gestein, das es durch seinen Kohlensäuregehalt höhlenbildend auslaugte, tropft es von der Wölbung der fertigen Höhle herab und setzt hier den gelösten Kalk in Form grotesker Stalaktiten wieder ab. Die Steine wachsen, wenn auch nur in Jahrtausenden für unsere groben Sinne bemerkbar; die Wunde vernarbt. Unaufhörlich sickert der Tropfen und plätschert ins Meer; unaufhörlich saugt ihn die Sonne wieder empor zu den Wolken; unaufhörlich thaut er daraus wieder hinab, das Erdreich durchwühlend, zerstörend und bauend zugleich.

Aber noch unendlich grofsartiger ist der Rhythmus des Kreislaufes da, wo nicht der Tropfen mit dem Sandkorn ringt, sondern das weltumfassende Meer mit den Riesenschollen des Festlandes kämpft, das einst in wildem Schöpfungsdrange sich seinem Schofse entrang.

Nicht weit von Capri aus haben wir zu wandern, um den Spuren dieses Gigantenkampfes zu begegnen.

Der dröhnende Wogenanprall der Brandung hat die pittoreske Wildheit der klippenreichen Riviera geschaffen.*)

Das gefräfsige Meer hat sich hier tief in das Innere der Erde gewühlt, und die Struktur ihres Felsbaus zu Tage gelegt. Wir sehen die mächtigen Faltungen der Schichten deutlich vor uns, in welche sich der von der tiefer und tiefer eindringenden Kälte des Weltraumes zusammengeprefste Steinpanzer legen mufste, um sich dem immer kleiner werdenden Kerne mehr und mehr anzupassen. Hier ragen Klippen aus den Wogen empor, deren Schichtungen, einst horizontal auf dem Meeresgrunde abgelagert, nun fast senkrecht daraus emporstehen. Woge auf Woge nagt nun wieder an ihnen und von neuem schichtet sich das zerbröckelte Felsgestein wagerecht als Ufersand auf, um nach Jahrmillionen abermals von den geheimnifsvollen Kräften der Tiefe emporgehoben, vielleicht den schneebedeckten Gipfelkamm einer Gebirgskette zu bilden, die in zukünftigen Tagen da himmelstürmend aufragen wird, wo heute die schäumende Woge über unergründliche Tiefen rollt. Und jene abenteuerlichen Gestalten des Meeresgrundes, welche die neuere Tiefseeforschung erst mit unsäglicher Mühe ans Tageslicht zu fördern vermochte, werden von den Geologen kommender Geschlechter dereinst versteint auf Bergeshöhen

*) Siehe das die Küste von Porto Venere darstellende Vollbild.

wiedergefunden werden, so wie wir heute vorweltliche Seegeschöpfe dort oben aus den Felsen hämmern.

Aber begreiflicher Weise konnte die machtvolle Wirkung der Gebirgsbildung nicht überall unmerklich fortschreitend, ohne Störung, ohne Plötzlichkeit eintreten. Jene vom Wogenprall blosgelegten Schichtungen sehen wir vielfach gefaltet und in ganz verschiedenen Richtungen verlaufend, zum Beweis, dafs der ruhigen Entwickelung ihres Aufbaus viele ungleich wirkende Hemmungen entgegentraten. Und eben gerade in der paradiesischen Landschaft der Riviera wird die Menschheit durch entsetzliche Katastrophen daran gemahnt, dafs der Werdeprozefs alles Irdischen ewig ein schmerzensreicher sein soll. Aufgestaute Hemmungen der alles überwindenden Kräfte, welche die Riesenrücken ganzer Kontinente einst aus dem Meere hoben, befreien sich in fürchterlichen Erdbeben. Die Schreckenstage von Nizza sind noch in Aller Gedächtnifs.[9])

Namentlich in jugendlichen, noch werdenden Gebirgen treten die sogenannten „tektonischen Erdbeben" am häufigsten auf. Zu diesen jungen Gebirgen gehören bekanntlich auch die Alpen nnd Apenninen. Ihr relatives Alter kann man ziemlich sicher dadurch bestimmen, dafs man verfolgt, welche von den ursprünglich wagerecht gelagerten Schichtungen noch von der allgemeinen Stauung des Felsmantels mit ergriffen wurden und welche nicht. In den Alpen zum Beispiel sind alle älteren Schichtungen bis zum Tertiär aus ihrer horizontalen Lage gestört worden. Die sekundären Schichten, wie insbesondere der Jura, mufsten ihre Sedimente also bereits im Meere abgelagert haben, bevor die Aufthürmung der Alpen begann. Ganz anders verhält es sich dagegen mit dem kleinen Harzgebirge. Dasselbe ist zweifellos im Gegensatze zu den Alpen sehr alt; denn an dem Fufse des granitnen Mittelpfeilers der Brockengruppe haben sich von der Grauwacke und der Steinkohlenformation an alle späteren Schichtungen fast ungestört abgelagert und nur in der weiteren Umgebung zeigen die jüngeren Formationen Störungen. Also nicht nur seit Menschengedenken, sondern seit unge-

---

[9]) Die tektonischen Erdbeben treten zumeist in den Senkungsfeldern am Innenrande der grofsen Kettengebirge, wie z. B. in der Poebene auf. Nach den Arbeiten der Geologen Suefs, Stur, Bittner, Hörnes lassen sich die Stofslinien dieser Beben auf Störungslinien im Gebirgsbau beziehen; die Schüttergebiete fallen in der Regel mit den grofsen Dislokationsspalten im Bau der Gebirge zusammen. Solche Beben sind viel verbreiteter als die vulkanischen und Einsturzbeben, welche nur lokalen Charakter an sich tragen. Näheres hierüber bringt ein in der Urania von Dr. P. Schwahn gehaltener Vortrag über „Erdbeben".

zählten Jahrmillionen gehört der Boden, auf welchem wir unsere Wohnstätten aufschlugen, zu den unerschütterlichsten Schollen des Erdenrundes.

An anderen Orten dagegen hebt oder senkt sich ein grofses Gebiet mit vollständiger Stetigkeit ohne irgend welche Erschütterung; so die skandinavische Halbinsel, welche auf der baltischen Seite im Jahrhundert regelmäfsig um etwa einen halben Meter aus den Meereswogen emporsteigt. Dort wächst also der europäische Kontinent noch, während er an anderen Stellen wieder ins Meer zurücksinkt; anderswo scheint es dagegen wieder, als hebe und senke sich das Erdreich abwechselnd, wie die Brust eines schwer und langsam Athmenden.[10])

Auch die wechselnde Menge des Wassers in den ungeheuren Meeresbecken bewirkt gewifs einen Theil dieser Verschiebung der Strandlinien. Als seinerzeit ganz Nordeuropa und Nordamerika von einer tausend Meter dicken Eisdecke überzogen war, wurde dem Meere dadurch soviel Wasser entzogen, das seine Niveaufläche rings um die Erde herum um etwa 100 Meter sinken mufste.[11])

Kurz, es ist ein ewiges Schwanken, ein Auf- und Niederwogen. Wie hier und allerorten dem strahlenden Tage gluthender Abendschein und die stille Nacht folgt, um wieder der triumphirenden Lichtwoge des nächsten Tages zu weichen, so wogt auch das Land zum blauen Himmel auf und hinab in die Nacht des Abgrundes, so brandet das Erdreich gegen uralte Felsensäulen, schäumt empor und überwirft sich, wie die Wasserwoge am Klippengestade. Es ist derselbe Rhythmus des Geschehens, nur das Zeitmafs ist verändert.

---

[10]) Vergl. hierüber den Artikel von Dr. P. Schwahn („Himmel und Erde," Bd. I. Seite 307) „Ueber Verschiebungen der Strandlinien an den schwedischen Küsten", sowie den Aufsatz von Prof. Brauns. „Der Serapis-Tempel zu Pozzuoli. (Bd. I. Seite 67.)

[11]) Vergleiche hierüber den Aufsatz von Prof. Penck in Heft 1—3 des laufenden Jahrgangs dieser Zeitschrift.

(Schlufs folgt.)





Die Methoden der unterirdischen Orientirung und ihre Entwickelung seit 2000 Jahren.

Von Prof. Dr. **Max Schmidt**,

Vorstand des geodaetischen Instituts der Kgl. Techn. Hochschule München.

(Schlufs.)

Erst gegen Ende des letztvergangenen Jahrhunderts fing man an einzusehen, dafs die Angaben der bis dahin für Untertagmessungen zumeist gebrauchten Kompafsinstrumente, auch in nicht magnetischem Gebirge, zu mancherlei Fehlern führen und versuchte es, den Hängekompafs durch das Astrolabium und andere ähnliche theodolitartige Mefsinstrumente zu ersetzen, wie solche damals durch die Mechaniker Adams und Ramsden in London und auch von deutschen mechanischen Werkstätten zum Gebrauch für ökonomische Landesvermessungen angefertigt wurden.

In Deutschland ist der Professor H. C. W. Breithaupt[6]) in Bückeburg im Jahre 1798 wohl der erste gewesen, welcher die Anwendung des Grubentheodolits für Orientirungsmessungen unter Tage mit der trigonometrischen Berechnung der Messungsresultate verbunden hat. Ungefähr zu derselben Zeit, nämlich in den Jahren 1795 und 1796, sind unter Mitwirkung des Professors Lempe zu Freiberg im Erzgebirge versuchsweise Messungen ähnlicher Art durch den ehemaligen polnischen Generallieutenant Grafen von Komarzevsky zur Ausführung gekommen.[7]) Dieser gebrauchte ein von Ramsden gebautes Reiseastrolabium, das durch den Bergmechanikus Studer in Freiberg für Grubenmessungen eingerichtet war und später als Graphomètre souterrain[8]) beschrieben wurde.

Ueber diese Freiberger Arbeiten ist am 4. August 1802 der mathematisch-physikalischen Klasse des neufränkischen National-

---

[6]) Breithaupt, H. C. W. Beschreibung eines neuen Markscheideinstrumentes nebst Anweisung zum Gebrauch desselben. Kassel 1800.

[7]) Freiberger gemeinnützige Nachrichten 1803, S. 189.

[8]) Journal des Mines Nr. 84 Fructidor an XI.

instituts zu Paris Bericht erstattet und von diesem daraufhin beschlossen worden, die neue Meſsmethode in allen neufränkischen Bergwerken einzuführen.

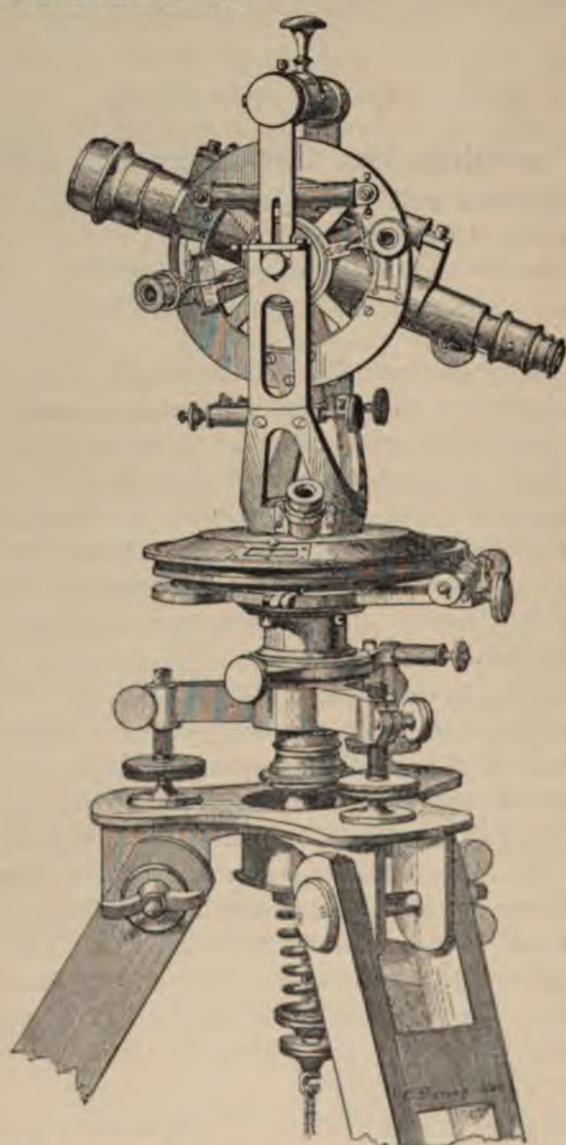


Fig. 6. **Neuer Grubentheodolit von Breithaupt und Sohn in Cassel.**

In den Rheinpreuſsischen Bergwerksdistrikten fand die Theodolitmessung von dem Jahre 1835 an gröſsere Verbreitung, seitdem das mathematisch-mechanische Institut von Fr. W. Breithaupt in Cassel zweckmässig eingerichtete Grubentheodolite (Fig. 6) zu liefern begann, und der damalige Markscheider Prediger in Saarbrücken bei der Angabe der Gegenörter für den 1100 m langen Ensdorfer Stolln der kgl. Steinkohlenzeche Kronprinz bei Saarlouis diese Messungsart mit vorzüglichem Erfolge in Anwendung gebracht hatte.

Von entscheidender Bedeutung für die allgemeine Anerkennung der Vorzüge der Theodolitmessung gegenüber der althergebrachten Magnet-Orientirung wurden aber erst die zahlreichen und schwierigen Durchschlagsangaben, welche die Ausführung zweier groſsartiger Stollnbauten in den Bergrevieren des Oberharzes und des sächsischen Erzgebirges im Gefolge hatten.

Der Erzbergbau des Harzes war ebenso wie jener des inneren Freiberger Bergreviers im dritten und vierten Jahrzehnt unseres Jahrhunderts durch das stetige Anwachsen der Grubenwasser, welche durch Maschinenkräfte kaum mehr bewältigt werden konnten, in seiner Existenz und weiteren Entwickelung gefährdet, wenn es nicht gelang, den zusitzenden Grubenwassern auf einer tieferen Sohle als bisher freien Abflufs zu schaffen.

Da die Fortführung des Bergbaubetriebes zugleich die Lebensbedingung für breite Schichten der Bevölkerung jener Grubendistrikte bildete, so entschlofs man sich aus staatswirthschaftlichen Gründen da wie dort zur Ausführung einer tieferen Hauptstollnanlage zu schreiten, durch welche allein eine nachhaltige Entwässerung der weit ausgedehnten Gruben zu erreichen war.

Die eine dieser Stollnanlagen, der 10000 m lange Ernst August-Stolln im Oberharz[9]), wurde nach 13jähriger Bauzeit im Jahre 1864, die zweite, der 14000 m lange fiskalische Rothschönberger Stolln im sächsischen Erzgebirge[10]), nach 33jähriger Bauzeit im Jahre 1877 vollendet.

Die unterirdischen Richtungsanweisungen für die zahlreichen Gegenortsbetriebe dieser Stollnanlagen boten eine treffliche Gelegenheit, die damals noch herrschende Meinung, dafs die Dienste der Magnetnadel durch die Theodolitmessung nicht genügend ersetzt zu werden vermöchten, auf das gründlichste zu widerlegen.

Insbesondere sind es die mit der Kompafsorientirung gemachten ungünstigen Erfahrungen gewesen, welche bald nach Vollendung der ersten mangelhaft gelungenen Durchschläge im Rothschönberger Stolln dazu führten, fernerhin bei Richtungsanweisungen gleicher Art von der Anwendung der Magnetnadel ganz abzusehen und das früher schon von Bergrath Borchers in Clausthal bei den Orientirungsmessungen am Ernst August-Stolln benutzte und durch Oberbergrath Weisbach in Freiberg und seine Schüler vervollkommnete Orientirungsverfahren[11]) unter ausschliefslicher Anwendung der Theodolitmessung zur Durchführung zu bringen.

Dieses Verfahren greift im wesentlichen auf das alte Alexandrinische

[9]) „Der Ernst August-Stollen am Harze". Festschrift in Anlafs der Vollendung des Stollens am 22. Juni 1864. Clausthal, Grossesche Buchhandlnng 1864.

[10]) Die Ausführung des Rothschönberger Stollns in den Jahren 1844—1877, von Oberbergrath H. Müller. Jahrbuch für das Berg- und Hüttenwesen im Königreich Sachsen. Freiberg bei Craz & Gerlach 1878.

[11]) Weisbach, die neue Markscheidekunst und ihre Anwendung auf bergmännische Anlagen. II. Abt. Braunschweig 1859.

Orientirungsprinzip des Heron zurück und bewirkt die Verbindung der über Tage und in den Grubenräumen mit dem Theodolit ausgeführten Messungen mittelst zweier von der Tagesoberfläche bis in das Niveau der Grubenmessung eingehängten Schachtlothe.

Steht zur Aufnahme der beiden Lothe nur ein einziger Schacht zu Gebote, so mufs der Lothabstand, je nach der lichten Weite dieses Schachtes, nicht selten auf 1,5 oder 2,0 m beschränkt werden. Eine durch beide Lothlinien gelegte Vertikalebene vermittelt aber die Verbindung der Tage- und Grubenmessung nur dann in genügend sicherer Weise, wenn bei der Anschlufsmessung nicht die geringste Abweichung der beiden Lothe aus der vertikalen Lage vorkommt, da jede Lothschwankung nothwendig auch eine Richtungsänderung der Lothebene zur Folge haben mufs. Ein derartiger Richtungsfehler überträgt sich aber auf den gesamten angeschlossenen Grubenzug und verursacht eine Querabweichung der einzelnen Messungspunkte, welche proportional der Zuglänge derart wächst, dafs z. B. bei einem Lothabstand gleich 2 m ein einziger Millimeter Lothschwankung in einer geradlinigen Entfernung von 2 km vom Lothe eine Querabweichung der Messungspunkte von 1 m zur Folge haben kann. Soll daher auf diesem Wege eine richtige Orientirung für die Untertagmessung erreicht werden, so ist eine genau vertikale Ruhelage der Schachtlothe während der Messung Grundbedingung.

Der Erfüllung dieser Forderung stellen sich aber, zumal in nassen und tiefen Schächten, ungeahnte Schwierigkeiten in den Weg, denn schon die durch Temperaturunterschiede bedingten Luftströmungen in den Schächten, ja das Auffallen der kleinsten Wassertropfen bringt die Lothe in unaufhörliche schwingende Bewegung, so dafs das sichere Einstellen des Theodolit-Fadenkreuzes auf die Lothe bei der Messung der Anschlufswinkel zur Unmöglichkeit wird. Alle angewandten Mittel, um diese schädlichen Lothschwingungen zu beseitigen, bleiben in der Regel unwirksam, so dafs nicht selten auch eine mehrfach wiederholte Ausführung der ganzen Messung zu keinem befriedigenden Resultat führt.

Die Folge davon war, dafs man derartige Orientirungsmessungen lange Zeit zu den schwierigsten und unsichersten Arbeiten der unterirdischen Geometrie rechnete und vielen Scharfsinn aufbot, um entweder die erwähnten Uebelstände zu überwinden, oder endlich andere Methoden aufzufinden, die den Gebrauch der unzuverlässigen Schachtlothe entbehrlich machen sollten.

So wurde im Jahre 1852 durch Prof. Stampfer in Wien ein um

seine Ringachse drehbares Nivellierfernrohr durch Vorsetzen eines Winkelprismas vor das Objektiv dazu eingerichtet, dafs sich mit demselben eine in die Tiefe gehende Vertikalebene abstecken und so die Richtung eines Tunnels ohne mechanische Lothung durch seigere oder flache Schächte auf die Stollnsohle übertragen oder dort abstecken liefs. [12])

Fünfundzwanzig Jahre später verwirklichte Prof. Nagel in Dresden den sinnreichen Gedanken, das mechanische Loth durch den Schnitt zweier, sich rechtwinklig kreuzender vertikaler Visirebenen zu ersetzen. Er liefs ein Lothungsinstrument [13]) (Fig. 7) von der Form eines kleinen Passageinstrumentes herstellen, mittelst dessen es ihm bei einer Schachttiefe von 132 m im Güntherschacht zu Bockwa bei Zwickau gelang, durch je 5 Beobachtungsreihen mit je 20 vertikalen Fernrohrvisuren zwei Lothpunkte bis auf $^{3}/_{10}$ bezw. $^{5}/_{10}$ mm genau zu projiciren.

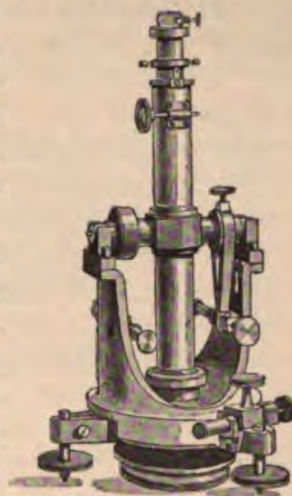


Fig. 7.
A. Nagels Lothungsinstrument
$^{1}/_{6}$ d. n. Gr.

Das früher von Prof. Stampfer bereits angeregte optische Verfahren der Richtungsübertragung hat neuerdings auch bei der Ausführung des Severn-Tunnels [14]) (Fig. 8) in England eine erfolgreiche Verwendung gefunden. Dieser 4700 m lange Eisenbahntunnel kreuzt das Bett des Severn in der Nähe von Bristol an einer Stelle, an welcher der Flufs bereits meerbusenartigen Charakter trägt und eine Spiegelbreite von 4600 m zeigt.

Die Richtungsanweisung für den Stollnbetrieb war durch zwei, an beiden Ufern abgeteufte, um 3700 m auseinander liegende vertikale Schächte von 4 m Lichtweite und 60 m gröfster Tiefe zu bewirken. Von der Anwendung des mechanischen Lothverfahrens glaubte man hier absehen zu müssen, da die Erschütterungen der mächtigen in den Schächten arbeitenden Pumpmaschinen nachtheilige Einflüsse auf die ruhige Lage der Lothe befürchten liefsen.

Man stellte daher beiderseits über den Schachtmündungen ein astronomisches Passageinstrument auf, brachte die Visirebene desselben

---

[12]) Stampfers Anleitung zum Nivelliren. 3. Auflage. Wien 1852.

[13]) Mittheilungen aus dem Gebiete der Geodaesie von Prof. A. Nagel in Dresden, Civilingenieur. XXIV Bd. 8 Heft 5. Lothungen und Lothungsapparate.

[14]) Engineering Jan. 20. 1882 S. 47.

in die am entgegengesetzten Ufer bezeichnete Tunnelachse und richtete dann das Fernrohr auf den Grund des Schachtes.

In den hier angesetzten Stollnörtern waren elektrisch beleuchtete Metalldrähte von 91 m Länge ausgespannt, die durch eine Stellvorrichtung parallel zur Visirebene des Passagefernrohres gerichtet wurden und später die Anweiselinien für die Stollnrichtung bildeten. Die aufserordentliche Schärfe, mit welcher sich diese Parallelstellung bewerkstelligen läfst, obwohl nur ein kleiner, der lichten Schachtweite entsprechender Theil des Metalldrahtes im Gesichtsfeld des Fernrohres übersehen wird, ist als ein grofser Vorzug dieser Orientirungsmethode hervorzuhehen. Dafs das Verfahren aber auch wirklich ein sehr zweckmäfsiges war, hat der am 26. September 1881 ohne bemerkbare Ab-



Fig. 8. **Längenprofil des Severn-Tunnels.**
Masstab der Längen: 24 mm = 1 km, der Höhen: 0,6 mm = 1 m.

weichung bewirkte Durchschlag der Gegenörter im Severntunnel bewiesen.

Trotz dieser in den angeführten Fällen bei geringen Schachttiefen erzielten guten Erfolge, kann die optische Lothung doch keine allgemeine Verwendung finden und zwar, abgesehen von der Kostspieligkeit der Lothungsinstrumente, aus zweierlei Gründen:

Einmal gelingt es selbst bei Anwendung der besten mechanischen Hilfsmittel und der feinsten Libellen nicht leicht, der Visirachse des Ablothungsfernrohres eine genügend sichere vertikale Lage zu geben, da Achsenschwankungen von nur einer Bogensekunde bei 200 m Lothungstiefe schon einen Projektionsfehler für jeden Lothpunkt von 1 mm zur Folge haben, eine Fehlergröfse, welche die praktisch zulässige Grenze bereits überschreitet.

Zweitens aber zeigt die stets mit Qualm und Dunst erfüllte Luft der Schachträume meist einen so geringen Grad von Durchsichtigkeit, dafs es in der Regel nicht möglich ist, einen in einer grofsen Schacht-

tiefe liegenden Zielpunkt im Fernrohr scharf zu sehen, mag derselbe auch noch so intensiv beleuchtet sein.

Bei grofsen Schachttiefen ist und bleibt daher die mechanische Lothung bis jetzt zumeist das einzig anwendbare Verfahren.

Im Jahre 1884 hatten wir gelegentlich der Ausführung einer solchen Lothung in dem 600 m tiefen Brückenbergschacht No. IV bei Zwickau in Sachsen Veranlassung, uns mit der Frage der Beseitigung der störenden Lothschwingungen näher zu befassen[15]) und es gelang ein leicht anwendbares Mittel aufzufinden, die schwingenden Schachtlothe bei beliebig grofser Lothungstiefe in ihrer vertikalen Gleichgewichtslage dauernd festzuhalten und genau zu zentriren.

Im wesentlichen besteht unser Verfahren darin, dafs man zunächst in der bisher üblichen Weise die an feinen Metalldrähten in den Schacht gehängten Lothe (Fig. 9) gegen die Einwirkung des Wetterzuges und Traufwassers so viel als möglich schützt, und die 10 bis 20 kg schwer gewählten Lothgewichte zur Dämpfung ihrer Pendelschwingungen in Wasser eintaucht. Die trotz der Anwendung dieser Beruhigungsmittel noch übrig bleibenden kleinen Lothbewegungen, die häufig mehrere Millimeter betragen, werden nunmehr mit Hilfe des Theodolitfernrohres auf zwei sich unter 90° kreuzenden Millimeterskalen, die hinter den Lothdrähten aufgestellt sind, beobachtet, indem man beiderseits die Schwingungsweite der Lothe auf diesen Skalen abliest.

Aus einer gröfseren Reihe solcher Ablesungen wird sodann unter Berücksichtigung der Veränderung der Ausschlagweite die Projektion der mittleren Gleichgewichtslage der Lothe auf die Skalenebene als Bildfläche berechnet.

Man kann nun die Lothdrähte mit dem Fernrohr in die berechnete Stellung einweisen und sie an ihrem Ort durch eine einfache Zentrirvorrichtung festhalten.

Der von uns benutzte Zentrirapparat (Fig. 9) hat folgende einfache Form. Er besteht aus einem in der Mitte durchlochten gufseisernen Teller mit vier diametral stehenden Zentrirschrauben, durch welche ein prismatisch geformtes Mittelstück gefafst wird und in zwei zu einander rechtwinkligen Richtungen verschoben werden kann. Ueber den Zentrirschrauben werden auf den Tellerrand zwei 100 mm lange Skalen aufgesteckt, die sich um einen vertikalen Zapfen in jede beliebige Richtung drehen lassen. Das abnehmbare Mittelstück ist

[15]) Schmidt, Dr. M., Das Problem der Schachtlothung und seine Lösung mit schwingenden Lothen.
Sächs. Jahrbuch f. B. u. H. 1882. Freiberg bei Craz & Gerlach.

längs seiner Achse durchbohrt und oben mit einem Schraubengewinde versehen, in welches eine über den Lothdraht zu schiebende Kopfschraube pafst.

Bei der Ausführung einer Lothung werden in der Sohle der Grubenmessung die Zentrirteller ohne das Mittelstück mit Holzschrauben auf den über die Schachtbrüstung gelegten Pfosten in der aus Fig. 9 u. 10 ersichtlichen Weise derart befestigt, dafs der gehörig belastete Lothdraht innerhalb der zentrischen Oeffnung des Tellers vollkommen frei schwingt und die Zentrirschrauben nach zwei Richtungen weisen, in welchen der zur Anschlufsmessung dienende Theodolit P_1 und irgend ein kleines Ablesefernrohr F mit kurzer Sehweite fest aufgestellt werden. Sind sodann die Skalen aufgesteckt, gut beleuchtet und so gedreht, dafs man ihre Theilung in den Beobachtungsfernrohren zugleich mit den Lothdrähten L scharf sieht, so lassen sich nunmehr durch einen und denselben Beobachter die Schwingungsweiten der Lothe in beiden Visirrichtungen an den betreffenden Skalen ablesen und notiren.

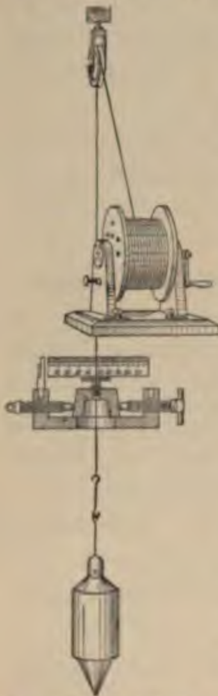


Fig. 9. **Schachtloth mit Drahtrolle und Centrirvorrichtung.**

Hierauf wird das unter dem Zentrirapparate befindliche Lothgewicht abgehängt, der Lothdraht, über welchen man vor Beginn der Messung schon die Kopfschraube geschoben hat, durch die Bohrung des Zentrirstückes geführt und wieder mit dem Lothgewichte belastet, während das Zentrirstück zwischen die Zentrirschrauben auf den Teller gesetzt und durch die Kopfschraube K mit dem Lothdrahte verbunden worden ist. Der Beobachter hat schliefslich von den beiden Fernrohren in P_1 und F aus den Lothdraht in die aus den Skalenablesungen ermittelte Stellung einzuweisen, wobei das Einstellen des Drahtes mittels der Zentrirschrauben von einem Gehilfen zu besorgen ist. Durch dieses höchst einfache Verfahren gelingt es, in wenigen Minuten den Lothdraht bis auf Bruchtheile eines Millimeters genau zu zentriren und bleibend zu fixiren.

Sind in einem Schachte zwei Lothe gehängt und unter Anwendung des beschriebenen Verfahrens zentrirt worden, so läfst sich in die Richtung der beiden Lothpunkte leicht auch ein dritter und

vierter Punkt genau einrichten, so dafs die früher durch die eigentlichen Lothpunkte L_1 L_2 begrenzte Messungsbasis noch mehr erweitert werden kann, soweit es der freie Raum am Schachte gestattet.

Man gewinnt dadurch den Vortheil, bei der Anschlufsmessung das Problem der drei Punkte oder die sogenannte Pothenothsche Aufgabe anwenden zu können, ein Verfahren, das sich besonders in solchen Fällen nützlich erweist, wenn, wie es häufig vorkommt, der Theodolitstandort P_1 in einem zum langen Schachtstofse rechtwinklig abgehenden Querschlag gewählt werden mufs.

Um das Einrichten eines weiteren Punktes L_3 in die Lothungsebene vorzunehmen, befestigt man an der betreffenden Stelle einen dritten Zentrirapparat, in dessen Kopfschraube eine Nadel L_3 vertikal eingesteckt ist. Um diese Nadel und die beiden bereits zentrirten Lothdrähte L_1 und L_2 wird ein feiner versilberter Kupferdraht oder ein weifser Faden geschlungen und durch Anziehen der Stellschrauben des Zentrirapparates so ausgespannt, dafs zwei genau parallele Fadenlinien entstehen, zwischen denen die Lothdrähte L_1 L_2 und die Nadel L_3 eingeschlossen liegen. So lange nun der neu einzurichtende Punkt L_3 oder die ihn markirende Nadel nicht genau in einer Richtung mit den beiden Lothen L_1 L_2 liegt, werden auch die Fadenlinien nicht parallel sein, sondern nach dem mittleren Lothe L_2 hin divergiren; es ist dann die Lage der Nadel durch die Stellschrauben am Zentrirapparate L_3 seitlich so lange zu ändern, bis beide Fäden das mittlere Loth L_2 beiderseits berühren und eine vollkommen parallele Lage erreichen.

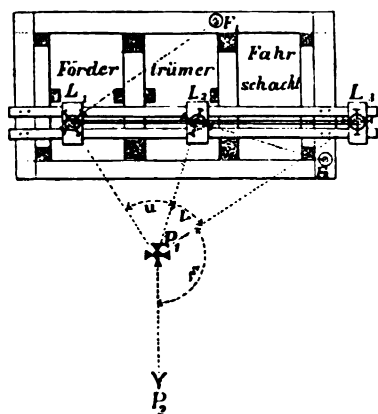


Fig. 10.

Dieses Einrichten der Nadel kann der gröfseren Sicherheit wegen ebenso wie bei den Lothen leicht mehrfach wiederholt werden. Glaubt man bei den einzelnen Einstellungen geringe Verschiedenheiten wahrzunehmen, so wird man diese an einer hinter der Nadel aufgesteckten Skala genau beobachten und nach dem Mittelwerthe der Skalenablesungen den definitiven Standort der Nadel bestimmen, so dafs dadurch auch für das Einschalten weiterer Punkte in die Richtung der Lothebene ein sehr hoher Genauigkeitsgrad erreicht werden kann.

Wenn in der beschriebenen Weise drei Punkte in der Richtung der Lothebene fest markirt sind, so bietet die Anschlufsmessung und Orientirungsübertragung auf eine feste Linie P_1 P_2 in der Nähe des Schachtes keine weiteren Schwierigkeiten. Mit dem in P_1 (Fig. 10) aufgestellten Theodolit werden die Winkel u, v, w sorgfältig gemessen und aus diesen und der über Tage ermittelten Orientirung der Lothebene L_1 L_2 der Richtungswinkel der Linie P_1 P_2 berechnet. Zweckmäfsig ist es, den Theodolitstandort nahe an dem mittleren Lothpunkte L_2 zu wählen, dagegen die feste Linie P_1 P_2 so lang als möglich zu machen. Kleine Zentrirungsfehler des Theodolits in P_1 bleiben dann ohne wesentlichen Einflufs.

Wird aufser den Winkeln auch die Gröfse der Abstände P_1 L_1, P_1 L_2, P_1 L_3 genau gemessen, so erlangt man dadurch eine gute Kontrole für die Richtigkeit der Winkelmessung und Rechnung. Da hierbei der Mafsstab an die zentrirten Lothpunkte unmittelbar angehalten werden kann, so lassen sich auch diese Längenmessungen mit der gröfsten Sicherheit bewerkstelligen.

Es ist somit durch festes Zentriren der Lothe für die Anschlufs- und Orientirungsmessungen in seigeren Schächten ein wesentlich höherer Sicherheitsgrad zu gewinnen, als bei freihängenden Lothen, welche weder für die Längenbestimmung noch für die Winkelmessungen ein genügend sicheres Anhalten bieten.

Auch die Berechnung der Orientirungsübertragung hat vieles an Zuverlässigkeit gewonnen, seitdem man geeignete trigonometrische Methoden dabei zur Anwendung bringt und eine zweckmäfsige Ausgleichung der unvermeidlichen kleinen Messungsfehler vornimmt, um dadurch die Ergebnisse der Winkel- und Längenmessungen in den Anschlufsdreiecken in widerspruchsfreie Uebereinstimmung zu bringen.

Durch die Anwendung aller dieser neuen Hilfsmittel hat nunmehr die Lösung des Orientirungsproblems folgende vervollkommnete Gestaltung erhalten.

Die Aufgabe in ihrer allgemeinsten Fassung verlangt, wie wir gesehen haben, die genaue Ermittelung der gegenseitigen Lage zweier Linien, von welchen die eine auf der Erdoberfläche fest bezeichnet ist, die zweite aber in einer Grubenstrecke liegt, welche mit der Tagesoberfläche durch einen offenen, seigeren Schacht in Verbindung steht. Das einfachste ist es offenbar, die Aufgabe analytisch zu lösen, indem man die rechtwinkligen Koordinaten der in der Natur gegebenen Punkte in Bezug auf ein Achsensystem von bekannter Lage bestimmt; damit

ist dann die gegenseitige Lage dieser Punkte geometrisch in unzweideutiger Weise festgestellt.

In der That betreten wir auch diesen uns von der Theorie gezeigten Weg und suchen die Unterlagen für die auszuführende Koordinatenberechnung durch Messungen zu beschaffen, die etwa folgenden Gang nehmen können:

Ueber Tage wird zuerst zwischen den gegebenen festen Anhaltepunkten und einem in der Nähe des vorhandenen Schachtes gewählten Hilfspunkt eine Verbindungs-Triangulation ausgeführt, welche die Koordinaten aller Dreieckspunkte über Tage bezogen auf ein allgemeines Hauptachsensystem liefert.

Unter Tage wird sodann in ganz analoger Weise zwischen den in der Grubenstrecke bestimmten Anhaltepunkten und einer nahe am Tageschacht ausgesuchten Hilfslinie ein polygonaler Verbindungszug hergestellt, in welchem alle Streckenlängen und Brechungswinkel sorgfältig zu messen sind.

Die dritte Arbeit ist endlich die, eine solche Verbindung der Tagetriangulirung und der Grubenmessung durch den offenen Schacht hindurch vorzunehmen, dafs die Koordinatenberechnung vom letzten Triangulirungspunkt an der Schachtmündung bis zur Anfangslinie des Grubenzuges fortgeführt und im letzten Anhaltepunkt in der Grubenstrecke abgeschlossen werden kann.

Das nothwendige Verbindungsglied für den Zusammenschlufs der Tag- und Grubenmessung und für die Fortführung der Koordinatenberechnung bildet nun die durch zwei in den Schacht gehängte Lothe bestimmte Vertikalebene, deren Richtungswinkel durch eine Anschlufsmessung über Tage aus der Triangulirung abgeleitet wird und sich in der Sohle des Grubenzuges wieder durch Dreiecks-Messung abnehmen und auf letzteren übertragen läfst.

Da hierbei die Lothpunkte als Winkelpunkte zu dienen haben, die zentrische Aufstellung des Theodolits zur Vornahme der erforderlichen Winkelmessungen über oder unter den Schachtlothen aber Schwierigkeiten bietet, so empfiehlt es sich, die Lothpunkte bei der Winkelmessung als unzugängliche zu betrachten und für die Anschlufsmessung die nach Hansen oder Pothenot benannten trigonometrischen Rechnungsmethoden in Anwendung zu bringen.

Für die Wahl der günstigsten Form der Anschlufsdreiecke erhält man gewisse Anhaltspunkte aus den Differentialausdrücken, die für die Ableitung der Anschlufswinkel an den Lothen aus den gegenüberliegenden Dreiecksseiten gebildet werden.

Die Diskussion dieser Differentialausdrücke weist auf eine möglichst spitzwinklige Dreiecksform als die günstigste hin und führt im Grenzfalle dazu, die an den Lothen anliegenden Dreieckswinkel auf den Werth 0^0 oder 180^0 zu bringen, d. h. mit anderen Worten den dritten Eckpunkt des Anschlufsdreiecks in die Richtung der Lothebene selbst zu legen.

Man gelangt so mit Hilfe der Differentialrechnung auf die günstigste, zugleich aber auch einfachste und im Eisenbahnstollnbau am häufigsten angewandte Lothanordnung, bei welcher die Lothebene in die Richtung des Längenprofils des Stollns zu liegen kommt.

In allen jenen Fällen, in welchen die Lothschächte für den Stollnbetrieb aus bautechnischen Gründen seitlich von der Stollnachse abgerückt werden müssen, kann man von der zuletzt erwähnten Lothanordnung keinen Gebrauch machen. Man wird aber den kleinen Anschlufsdreiecken dann wenigstens eine möglichst günstige d. h. spitzwinklige Form zu geben trachten und der Messung der Seitenlängen und Winkel alle denkbare Sorgfalt zuwenden, da wegen der geringen Gröfse dieser Dreiecke auch der kleinste, in den Seitenlängen auftretende Messungsfehler auf die aus diesen Seiten abgeleiteten Richtungswinkel einen sehr schädlichen Einflufs befürchten läfst.

Will man also etwa Winkelfehler im Betrag von einer Bogenminute vermeiden, so sind die kurzen Seiten der Anschlufsdreiecke bis auf Bruchtheile eines Millimeters genau zu messen.

Diese Forderung erschwert nicht allein die ganze Messung sehr beträchtlich, sondern sie zeigt sich bei schwingenden Lothen geradezu als unerfüllbar. Bei fest zentrirten Lothen, die ein sicheres Anhalten bei der Messung gewähren, verschwindet indessen auch diese Schwierigkeit.

Um gute Messungskontrolen zu erzielen, empfiehlt es sich endlich, in den Anschlufsdreiecken überschüssige Bestimmungsstücke zu messen und diese zur Berechnung beizuziehen. Die hierbei infolge der unvermeidlichen kleinen Messungsfehler zum Vorschein kommenden Dreieckswidersprüche werden nach der Methode der kleinsten Quadrate oder nach einem passenden Näherungsverfahren ausgeglichen, wobei aus der Gröfse der nach der Ausgleichung übrig bleibenden Fehler sehr schätzbare Anhaltspunkte für die Beurtheilung des bei der Messung erreichten Genauigkeitsgrades gewonnen werden.

Eine mit Beachtung der angegebenen Vorsichtsmafsregeln in sachkundiger Weise durchgeführte Orientirungsmessung schliefst alle Bürgschaft für ein gutes Gelingen in sich. Das beweisen die Ergebnisse

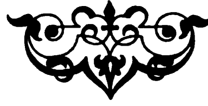
zahlreicher Messungen dieser Art,[16]) die in jüngster Zeit zumal in den sächsischen Bergrevieren und auf böhmischen Werken[17]) mit Lothungstiefen bis über 700 m vorgenommen worden sind.

Die auf Grund dieser Messungen geöffneten Durchschläge lehren, dafs selbst bei den gröfsten vorkommenden Schachttiefen durch das mechanische Schacht-Lothungs-Verfahren bei Orientirungsmessungen selbst der schwierigsten Art ein Genauigkeitsgrad erreicht wird, welchem nur durch die beschränkte Leistungsfähigkeit der bei den unterirdischen Längen- und Winkelmessungen angewandten Mefsinstrumente und die ungünstige Anhäufung kleiner unvermeidlicher Beobachtungsfehler eine gewisse Grenze gesetzt ist.

---

[16]) Schmidt, Dr. M., Praktische Erfahrungen über den Genauigkeitsgrad der Orientirungsmessungen nach dem Lothverfahren. Jahrbuch f. d. B. u. H. i. Kgr. Sachsen a. d. J. 1878. Freiberg bei Craz & Gerlach.

[17]) Susky, Schachtlothung des Mayrauschachtes in Kladno. Oesterr. Zeitschrift für Berg- u. Hüttenwesen 1888. Messungs- und Durchschlagsresultate der Max-Schächte. 1891.



n-
ab-
la-
nen
itz-
ngen
gen
auf-
eten

gen-
ke

ehr
sen
ten
iese

ich,
sen
n-
den
nte
bei
ber



Der grofse Sonnenfleck vom Februar 1892.

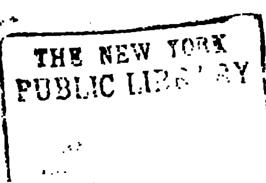
Mit vorliegendem Hefte ist es uns möglich, unseren Lesern eine treue lithographische Abbildung des grofsen, heurigen Februar-Sonnenflecks zu liefern. Unserem Bilde liegen zwei photographische Aufnahmen[1]) zu Grunde, die wir der Güte des Herrn Dr. O. Lohse vom kgl. Observatorium bei Potsdam verdanken. Das in der Tafel wiedergegebene Totalbild der Sonne stellt deren Aussehen am 13. Februar, um 11 Uhr Vormittags dar. Neben einigen kleineren Fleckengruppen, die zum Theil (nahe dem östlichen Sonnenrande) von sehr deutlich hervortretenden, hellen „Fackeln" umgeben sind, zieht hier vor allem der grofse Fleck unsere Aufmerksamkeit auf sich, welcher sich im Bilde links zeigt und von dessen riesiger Dimension wir am besten durch den Vergleich mit der neben der Sonne in demselben Mafsstab angegebenen Erdkugel eine Vorstellung gewinnen können.

Bei einer Ausdehnung über 15° in Länge und 8° in Breite ist der zentrale Fleck der grofsen Gruppe der gröfste Sonnenfleck, welcher

---

[1]) Das angewandte Instrument war der in Publ. 19 des Potsdamer Observatoriums eingehend beschriebene Heliograph von 4 m Brennweite. Es kam bei den Aufnahmen eine Gelatine-Trockenplatte von geringer Lichtempfindlichkeit zur Anwendung und es betrug die Belichtungsdauer $^1/_{200}$ Sekunde. Die feineren Einzelheiten des Bildes konnten auf der verkleinerten Reproduction nicht wiedergegeben werden, es handelte sich nur um eine Darstellung der allgemeinen Form und Dimensionen der ungeheuren, zur Zeit der Aufnahme sichtbaren Fleckengruppe. Zur Veranschaulichung der Ausdehnung dieser Gruppe ist in der linken Ecke des Bildes die relative Gröfse der Erde durch ein helles Scheibchen markirt. Betrachtet man die Bilder von grofser Nähe, dann erkennt man eine netzartige Zeichnung, welche lediglich von dem hier angewandten Reproductionsverfahren herrührt. Hält man jedoch die Bilder in einer Entfernung von etwa 50 cm, so verschwinden die feinen Punkte, es tritt dann aber die der Sonnenoberfläche eigenthümliche sogenannte Granulation deutlich in die Erscheinung.

Dem Vollbild der Sonnenscheibe diente ein Negativ von 200 mm, dem nur ein Bruchstück der Sonne darstellenden Bilde ein solches von 300 mm Durchmesser zur Grundlage. Die Aufnahmen zeigen die Sonne im Spiegelbilde der Wirklichkeit, sodafs rechts und links mit einander vertauscht sind; daher scheint die durch Rotation bedingte Verschiebung der Flecken von rechts nach links vorzuschreiten, während sie im direkt gesehenen Bilde entgegengesetzt verläuft.


THE NEW YORK
PUBLIC

Nordpol

st



3, 10^h Vm.

Die Sonne

mit dem grofsen Fleck
vom Februar 1892,
photographirt
auf dem
Astrophysikalischen Observatorium
zu Potsdam
von
O. Lohse.

Der weifse Kreis giebt die Gröfse der Erde im gleichen Mafsstab an.

Ost



Lith. Anst. v. C. L. Keller, Berlin S.

1892, Febr. 14, 1^h Nm.

seit 1873 erschienen ist. Am 5. Februar war dieser Riesenfleck am östlichen Sonnenrande aufgetaucht; am 11. hatte er infolge der durch die Sonnenrotation bedingten Verschiebung den Mittelmeridian der uns zugewandten Sonnenhälfte erreicht und am 18. Februar verschwand er unseren Blicken wieder am Westrande. Die Untersuchung älterer Sonnenaufnahmen zeigte indessen, dafs das benachbarte Sonnenareal schon seit dem November vorigen Jahres durch das Auftreten kleiner Flecken einige Thätigkeit entwickelt hat. Berücksichtigt man noch, dafs der grofse Februarfleck auch im März wieder beobachtet worden ist, so ergiebt sich eine aufsergewöhnlich lange, über fünf Sonnenrotationen sich ausdehnende Dauer der hier eingetretenen Gleichgewichtsstörung. Allerdings hat sich die Lage des Erregungszentrums während dieser langen Zeit infolge der in der stets bewegten und veränderlichen Sonnenoberfläche stattfindenden Strömungen erheblich verschoben, denn seine heliographische Breite betrug im November — 17°, im Februar aber — 27°. Natürlich hat auch der grofse Februarfleck bis zum März sein Aussehen ganz wesentlich verändert, lassen doch schon unsere Abbildungen an dem Detail der Hauptgruppe eine leicht bemerkliche Veränderung binnen 24 Stunden erkennen. Seine gröfste Ausdehnung erreichte der vom Beginn seines Erscheinens an bedeutende Fleck gerade etwa am 13. Februar, dem Tage, an welchem unser Vollbild aufgenommen wurde. Schon bis zum 18. Februar zeigte sich seine Gröfse auf etwa die Hälfte reduzirt und bei seinem Wiedererscheinen Anfang März war er gar nur noch etwa den zehnten Theil so grofs, wie Mitte Februar. Inzwischen hatte sich auch die heliographische Breite des Fleckens wieder etwas vermindert, doch liefsen die nächsten Tage ein erneutes Anwachsen verbunden mit abermaligem Wandern nach Süden erkennen. Es scheint demnach bei diesem merkwürdigen Flecken die interessante Thatsache eines periodischen Wachsthums mit gleichzeitigen Aenderungen in der Bewegungsrichtung angedeutet.

Ganz besonderes Interesse verdient das zeitliche Zusammentreffen exzessiv starker erdmagnetischer Störungen und selten heller Nordlichter mit dem Momente des aufsergewöhnlichen Anwachsens dieses grofsen Flecks. In der Nacht vom 13. zum 14. Februar, als der Fleck eben erst den Mittelmeridian der Sonnenscheibe passirt hatte und die Lage einnahm welche unser Totalbild zeigt, wurden auf den magnetischen Observatorien zu Potsdam, Kew und Greenwich, sowie an vielen anderen Orten, aufserordentlich starke magnetische Störungen beobachtet, denen ein glänzendes Nordlicht entsprach, welches bald nach Mitternacht in höheren Breiten sowohl, wie auch in den Vereinigten Staaten und selbst

in einigen Gegenden Deutschlands sehr deutlich beobachtet werden konnte. An der magnetischen Deklinationsnadel in Potsdam waren die Schwankungen so grofs, dafs sie auch ohne alle Apparate mit blossem Auge hätten bemerkt werden können, denn es kamen Ablenkungen bis zu 3° von der normalen Mittellage der Nadel vor und mitunter änderte sich die Einstellung derselben binnen zwei Minuten um 2°. — Zweifellos müssen wir diese terrestrischen Phaenomene als Folgeerscheinungen jener gewaltigen Vorgänge in der Sonnenphotosphäre auffassen, die in der Bildung des grofsen Flecks ihren sichtbaren Ausdruck fanden und sicherlich eine erhebliche Störung des elektrischmagnetischen Zustandes des Sonnenkörpers mit sich brachten. Wir sehen demnach, dafs nicht nur im allgemeinen und grofsen ganzen die Erscheinungen des Erdmagnetismus — zu diesen gehören auch die Nordlichter — von den Zustandsänderungen der Sonnenkugel und speziell von der Fleckenhäufigkeit beeinflufst werden, sondern dafs mitunter auch ein einzelnes, exzeptionelles Phaenomen auf dem Tagesgestirn eine Fernewirkung ausübt, die zu singulären Ereignissen auf der Erde Anlafs giebt.



Der veränderliche Stern Y Cygni.

Ueber diesen interessanten Stern, dessen wir in unserem vorangegangenen Hefte bei Gelegenheit der neuen Untersuchungen über den Algol bereits Erwähnung thaten, hat letzthin Dunér in Upsala eine merkwürdige Betrachtung angestellt, welche abermals geeignet ist, das eigenthümliche Feld der Astronomie des Unsichtbaren zu erweitern. Die Veränderlichkeit der Lichtstärke dieses Sternes wurde erst 1886 von Chandler erkannt. Die Schwankung vollzieht sich eben nur zwischen der engen Grenze von 0.8 Gröfsenklassen, welche der Wahrnehmung leicht entgehen konnte. Aber der Stern mufste sogleich, wie schon im vorigen Hefte erwähnt, in die Kategorie des seltenen Algol-Typus gestellt werden, da sein Lichtwechsel in kurzen, aber genau innegehaltenen Zeitintervallen stattfindet. Nun hat in letzter Zeit Dunér die merkwürdige Wahrnehmung gemacht, dafs die Lichtperioden dieses Sternes sich in zwei verschiedene Gruppen theilen und zwar so, dafs immer die 2., 4., 6. etc. Periode um etwa sieben Stunden länger ist, als die 1., 3., 5. etc. Die ungeraden Perioden haben demnach eine Länge von rund $32^1/_2$ Stunden, die geraden von $39^1/_2$ Stunden. Beide Perioden zusammengenommen umfassen dagegen einen konstanten Zeitraum von 2 Tagen 23 Stunden 57 Minuten und 44 Sekunden.

Ferner zeigt es sich, dafs eine der halben Perioden seit der Entdeckung beständig bei jeder Wiederkehr des Lichtwechsels um 2.2 Sekunden zunimmt, während die darauf folgende halbe Periode beständig um den gleichen Werth kleiner wird. Die ganze Periode erleidet also hierdurch wiederum keinerlei Schwankung. Dieses die Thatsachen der Beobachtung. Wie sind nun dieselben zu erklären?

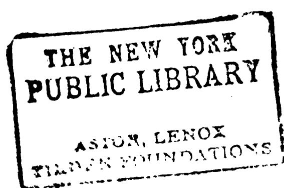
Dunér kommt auf folgende interessante Idee: Nimmt man auch in diesem Falle wie bei allen Sternen vom Algol-Typus an, dafs ein dunkler Stern den hellen innerhalb der Periode des Lichtwechsels umkreist und dadurch, sei es durch die theilweise Bedeckung oder durch ungeheure Fluthphänomene, welche der zweifellos wegen seiner kurzen Umlaufszeit sehr nahe Begleiter auf der Oberfläche seines Hauptsternes hervorruft, den Lichtwechsel verursacht, so würden wir es hier doch ohne weiteres unbegreiflich finden, dafs dieser unsichtbare Stern jedesmal seinen 2., 4., 6. etc. Umlauf um einige Stunden schneller ausführt, als den 1., 3., 5. etc. Solche intermittirende Wirkungen kennen wir sonst nirgends und könnten auch keine theoretische Erklärung dafür finden, denn die Anziehungskraft, welche überall die Himmelskörper in ihren festen Bahnen um ihre Zentralgestirne führt, pulsirt nicht auf und ab, sie ist im Gegentheil die konstanteste aller Naturkräfte und demzufolge sind auch die Umlaufszeiten der Planeten, (also beispielsweise unsere Jahreslänge) die unwandelbarsten aller astronomischen Elemente. Der Widerspruch löst sich jedoch sofort, wenn man annimmt, dafs zwei Perioden des Lichtwechsels von Y Cygni zusammen eine Umlaufszeit des unsichtbaren Körpers bilden. Wie oben erwähnt, bleibt die Zeit zweier, auf einander folgender Umläufe bisher völlig konstant, die Ungleichheit der halben Umläufe unter einander erklärt sich dann gleichfalls sofort. Bei allen um ein Zentralgestirn in geschlossener Bahn umlaufenden Himmelskörpern findet dasselbe statt. Unser Sommerhalbjahr beispielsweise ist bekanntlich um einige Tage länger als das Winterhalbjahr, d. h. die Erde gebraucht längere Zeit, um ihre Bahn von dem Punkte an, in welchem sie sich im Frühlingsanfang befindet, bis zu dem genau gegenüberliegenden Punkte zu vollenden, als umgekehrt vom Herbstanfang bis zum Frühlings-Aequinoctium. Wir wissen dafs die Ursache hiervon die elliptische Form der Erdbahn ist, aus welcher die gröfsere Beschleunigung der Erde bei ihrer gröfseren Annäherung zur Sonne im Winterhalbjahr unserer Erdhälfte folgt. Diese Ungleichheit der astronomischen Jahreshälften verändert sich jedoch begreiflicherweise je nach der Lage der Halbirungslinie der Bahn, welche wir wählen. Würden wir die

Durchschnittslinie so wählen, dafs sie die Bahnellipse in zwei gleiche Hälften theilte, d. h. würde die Halbirungslinie mit der sogenannten Apsidenlinie zusammenfallen, welche die kürzeste und längste Entfernung des Himmelskörpers von seinem Zentralgestirn verbindet, so würden wir selbstverständlich auch zwei gleich lange halbe Umlaufszeiten erhalten. Nehmen wir deshalb die oben gegebene Erklärung für Y Cygni an, so wissen wir gleichzeitig, dafs die Apsidenlinie der unbekannten Bahnellipse nicht in der Fläche liegt, auf welcher sich die Bahnellipse für uns projizirt, denn sonst müfsten eben beide Perioden trotz der Elliptizität gleich lang erscheinen. Nun beobachtet man aber bei allen Planetenbahnen eine Bewegung der Apsidenlinie, d. h. eine langsame Veränderung der Richtung, in welcher die kürzeste Entfernung des Planeten von der Sonne sich befindet; diese Bewegung der Apsidenlinie ist eine Folge der gegenseitigen Störung der Planeten auf einander und theoretisch vollkommen genau bestimmbar. Verändert sich nun auch bei Y Cygni die Lage dieser Apsidenlinie, so wird sich offenbar auch die Verschiedenheit der halben Periode verändern müssen, da diese, wie wir eben sahen, in einer bestimmten Lage gleich Null sein mufs, in einer anderen, darauf senkrechten aber ihr Maximum hat. Da nun Dunér in der That eine Veränderung der halben Periode wahrgenommen hat, so ist damit zugleich auch eine Bewegung der Apsidenlinie dieser Bahnellipse eines unsichtbaren Sterns angedeutet. Ferner kann man unter diesen Voraussetzungen auch die Exzentrizität der Bahnellipse aus der Ungleichheit der beiden halben Perioden bestimmen, welche sich als verhältnifsmäfsig unbedeutend, etwa = 0.1 ergiebt. Diese Exzentrizität ist kaum halb so grofs, als die der Merkurbahn.

So hypothetisch alle diese Resultate auch bleiben mögen, so erstaunlich ist jedoch die Thatsache, dafs man gegenwärtig im stande ist, aus der Wahrnehmung und möglichst genauen Verfolgung ganz geringfügiger Lichtschwankungen allein, nicht nur auf das Vorhandensein eines Himmelskörpers zu schliefsen, den unsere besten optischen Hilfsmittel unserem leiblichen Auge niemals erkennbar machen würden, sondern auch die hauptsächlichsten Bahnelemente desselben zu erkennen: seine Umlaufszeit, die Richtung seines Periastrons, seine Exzentrizität und sogar die säkulare Bewegung der Periastron-Richtung.

M. W. M.

Verlag von Hermann Paetel in Berlin. — Druck von Wilhelm Gronau's Buchdruckerei in Berlin.
Für die Redaction verantwortlich: Dr. M. Wilhelm Meyer in Berlin.





Die Kathedralenkuppe aus dem Monumentenpark.



Das Klima von Vorder-Indien.

Von **Dr W. Zenker** in Berlin.

Vorder-Indien, das Land der Bramahnen, das herrliche Kaiserthum und glänzende Juwel der Krone Englands, das produktenreichste Land der Erde, verdankt seine grofsen Vorzüge überwiegend dem eigenthümlichen Klima, durch welches es vor fast allen übrigen Gebieten der Welt ausgezeichnet ist. Freilich nicht darin besteht seine Vortrefflichkeit, dafs etwa ein Europäer, der in Indien ans Land steigt, sich nun sogleich besonders wohl fühlen müfste — im Gegentheil. Wehe ihm! wenn er nicht dafür sorgt, seine an kühles Klima gewöhnte nordische Natur vor den sengenden Strahlen der indischen Sonne zu bewahren. Nicht nur dichte Schleier, feste Sonnenschirme und Hüte mit zirkulirenden Luftschichten müssen ihn schützen; vor allem darf er nur in den kühleren Stunden des Tages es wagen, aus dem schattigen Innern der Häuser hinaus in die sonnendurchglühten Strafsen der Stadt zu treten, oder auch im Innern der Häuser sich mit ernsterer Arbeit zu beschäftigen. Indien ist eben Tropenland und zwar Tropenland in höchster Potenz und wenn es auch gegenwärtig von Nordländern beherrscht und ausgebeutet wird, so thut seine Natur doch nur den Einheimischen wohl, deren Vorfahren schon seit Jahrhunderten oder Jahrtausenden in der heifsen Zone gelebt haben.

Von diesen finden sich alle Abstufungen. Die Ureinwohner erscheinen auf den ersten Blick als die eigentlichen Kinder der Tropensonne. Tief schwarz, wie die afrikanischen Neger, gleichen sie diesen auch in der Gesichtsbildung durch aufgeworfene Lippen und krauses Haar. Aber auch die Hindus, welche nachweislich von Norden her eingewandert sind, wahrscheinlich im dritten Jahrtausend vor unserer

Zeitrechnung, zeigen eine tief braune, ja auch völlig schwarze Hautfarbe, ohne doch sonst in der Gesichtsbildung dem Negertypus zu gleichen. Die Nachkommenschaft der Muhamedaner, welche etwa um das Jahr 1000 von NW. her erobernd nach Indien eindrangen, ist wieder im allgemeinen heller als die älteren Völkerschaften. Ihnen folgten Mongolen, Portugiesen, Parsen; aber wohl nur die neueste Raçe, die Engländer, welche aus guter Vorsicht meist nur auf einige Jahre sich dort aufhalten, hat die weifse europäische Hautfarbe bewahrt.

Am mächtigsten zeigt sich die schöpferische Kraft der Tropennatur in der Entwickelung des Pflanzenwuchses, und da ist wohl kein Land auf Erden zu finden, welches Indien an Ueppigkeit überträfe. In den Urwäldern Indiens wachsen mehr als 40 Palmenarten und andere ausgezeichnete Holzgewächse, sowie auch Gewürze, deren Säfte an dem heifsen Strahl der Tropensonne gekocht werden. Aber viele dort üppig gedeihende, für die Nahrung und Nutzung wichtige Pflanzen bedürfen auch des Anbaues durch den Menschen. So besonders der Weizen, dessen Ueberflufs in grofsen Massen dem europäischen Markte zuströmt, der Reis, die Baumwolle, die Indigopflanze und viele andere. Die gewaltigste Triebkraft des Wachsthums zeigt das Bambusrohr, welches in besonders dichten Massen in den Dschungels der Gangesmündungen wuchert. Das Wachsthum dieses Riesengrases, welches über 100 Fufs Höhe erreicht, beträgt in 26 Stunden wohl $^1/_2$ Meter und darüber, so dafs es in der That keine besondere Geduld erfordern würde, es wachsen zu sehen.

Eine so mächtige Vegetation kommt natürlich auch dem Thierreiche zu Gute. Der Elephant charakterisirt die Grofsartigkeit der indischen Natur nach dieser Richtung, und seine Zähmung beweist, mit welcher Sorgfalt die Bevölkerung sich den ihr gestellten Aufgaben hingiebt.

Freilich enthält die indische Thierwelt auch viele Feinde des Menschen, die um so nachtheiliger werden, als die Religiosität der Bevölkerung die Ausrottung dieser Geschöpfe verbietet, ja sogar einige derselben für heilig ansehen läfst. Krokodil und Königstiger sind die gefährlichsten Schadenstifter, indem sie den Menschen direkt angreifen; doch giebt es auch eine Fülle von kleinsten Gestalten, Ameisen und andere lästige Insekten, welche sich oft plötzlich massenweise einstellen und verheerend über die Werke des Menschen herfallen. Doch sei auch von nützlichen indischen Insekten die Seidenraupe erwähnt, deren Produkt sich in Europa des besten Rufes erfreut.

Der ungeheure Verbrauch Europas an indischen Waaren ist das deutlichste Zeugniſs für die auſserordentliche Produktionskraft des Landes. Ihm vorzugsweise galt das groſse Werk des französichen Unternehmers Lesseps, der Kanal von Suez, der nur auf die Abkürzung des Seeweges für die indischen und ostasiatischen Waaren berechnet war. Hunderte von Millionen Franks wurden diesem groſsen Unternehmen geopfert; aber der Waarenaustausch zwischen Asien und Europa war bedeutend genug, um die hingegebenen Summen bald wieder einzubringen.

Natürlich hat Indien auſserdem noch seine eigene ungeheure Bevölkerung zu erhalten, welche nach der neuesten (1891 geschehenen) Zählung 282 Millionen Einwohner umfaſst, etwa $^3/_4$ soviel wie diejenige von ganz Europa. Die Bewohnerschaft pro Quadratmeile ist ungefähr doppelt so groſs, wie durchschnittlich in Europa und nur in dem benachbarten, nicht minder gesegneten China ist diese auf weite Flächen hin noch um $^1/_3$ gröſser. Diese groſse Bevölkerung muſs also zunächst ernährt werden, ehe der Ueberfluſs nach Europa geführt werden kann; doch sind die Ansprüche des weitaus gröſsten Theils der eingeborenen Bewohnerschaft auſserordentlich bescheiden, sowohl was Nahrung als was Kleidung anbetrifft.

Aber woher nun diese groſse Fruchtbarkeit, welche seit den ältesten Zeiten Indien zur Schatz- und Kornkammer der Welt gemacht hat? Nicht jedes Land der Tropenzone ist produktiv. Es giebt groſse Landflächen, welche vielmehr durch die Gluth der Sonnenstrahlen in öde, unfruchtbare Wüsten verwandelt sind; ja sogar unmittelbar in Vorder-Indien selbst befindet sich ein wüstes Gebiet, die sogenannte Thurr, die sich längs der linken Seite des Indus und Setledj erstreckt. Das Vorhandensein dieser dürren Wüste zeigt klar, wie nahe die Austrocknung dem ganzen Lande liegt, und so ist die wundervolle Bewässerung, welche die Natur selbst hervorgebracht hat, recht eigentlich die Errettung und der höchste Segen des Landes.

Die Sonne selbst sorgt dafür — wie es allerdings auf der ganzen Welt der Fall ist. Die Sonnenstrahlen entwickeln, indem sie auf die Wasserfläche der Ozeane fallen, ungeheure Mengen von Dämpfen, die sich in die Luft vertheilen und mit ihr über die Lande ziehen, über der Ebene und an den Gebirgen immer höher mit ihr emporsteigen. Das Steigen aber und die damit verbundene Ausdehnung auf ein gröſseres Volumen kühlt Luft und Wasserdampf ab, dieser wird in Tropfen verdichtet und stürzt als Regen befruchtend auf die Landfläche herab oder auch auf die Gebirge, von denen abflieſsend er sich

zu den tausend Quellen, Bächen und Flüssen sammelt, welche dem Menschen eine so reiche Menge mechanischer Kraft und Hilfe darbieten. So überall auf der Erde, aber in besonders ausgezeichneter Weise in Indien.

Hier sind es die Monsune, die merkwürdigen Winde, welche in regelmäfsiger Wiederkehr die eine Hälfte des Jahres vom Land aufs Meer, die andere Hälfte vom Meer aufs Land wehen, welche die wässrigen Dünste in viel gröfserer Menge und mit viel gröfserer Regelmäfsigkeit zuführen, als dies in anderen Gegenden der Erde geschieht. So gehört der Indische Ozean zu Indien und Indien zum Indischen Ozean wie ein sich ergänzendes Paar; ja es ist sogar noch ein drittes Gebiet im Bunde, die Süd-Ostküste von Afrika, welche auch an dem Wechselspiel der Monsune theilnimmt.

Alle Kraft geht dabei — wie wir schon sagten — von der Sonne aus. Sie schiefst ihre Strahlen mächtig hernieder und trifft unter dem Aequator den Ozean, dessen Oberfläche sie in weiter Erstreckung auf 26°—28° C. erwärmt, eine Temperatur, die sie mit geringen Schwankungen das ganze Jahr hindurch festhält. Ueber ihr sättigt sich die Luft mit Wasserdampf und zwar im Verhältnifs der Temperaturen ungefähr doppelt so dicht, wie diejenige Luft, die von dem Atlantischen Ozean auf die Küsten Europas herüberweht.

Noch stärker aber als der Ozean erwärmt sich unter dem Strahl der Sonne das Land, besonders wenn diese im Frühling mehr und mehr nach Norden rückt und ihre Strahlen zeitweise senkrecht einfallen. Die Mitteltemperatur des Jahres ist am Lande nur wenig unterschieden von der des Meeres, aber in viel höherem Grade ist dies in den verschiedenen Monaten des Jahres der Fall. Im Sommer und besonders in den Frühlingsmonaten nimmt die Wärme auf dem Lande viel schneller zu als über dem Meere. Kalkutta hat im Mai eine Temperatur von 29° C., Bombay und Madras von 30, und in den mehr landeinwärts liegenden Landschaften im Dekhan, am Ganges und im Pendjab steigt — eben wegen ihrer mehr kontinentalen Lage — die Temperatur auf 34° C. und darüber.

Infolgedessen dehnt sich, dem Gestze der Wärme entsprechend, die Luft über dem Lande stärker aus als die über dem Meere, sie wird leichter und das Resultat ist, dafs der Luftdruck vom Meere her stärker ist als der aus dem Innern des Landes — wie das Barometer bestätigt — und dieser Unterschied des Luftdrucks beträgt in gleicher Ebene wohl 6—10 mm Quecksilberhöhe.

Durch diesen Ueberdruck getrieben, dringt die kühlere Meeres-

luft auf das Land ein und zwar so reichlich, dafs auch die Temperaturen auf dem Lande allmählich herabgedrückt werden, so dafs dort an den meisten Orten nicht — wie in anderen Gegenden der nördlichen Halbkugel — der Juli der wärmste Monat ist, sondern der Mai, dem der Juli schon um einen wesentlichen Betrag nachsteht. So ist in Bombay der Mai um 3° C. wärmer als der Juli, während bei uns der Juli um 5—6° C. wärmer ist als der Mai.

Aber dieser vom Meere her blasende Wind bringt nicht nur Kühlung, sondern vor allem auch Feuchtigkeit. Die Luftmassen steigen den Landflächen folgend empor, und die zuvor in der Luft unsichtbar aufgelösten Wasserdämpfe verdichten sich in Wolken und stürzen als Regen auf das dürstende Land herab.

Die Regenzeit beginnt, um die nächsten Monate hindurch anzudauern und in dieser Zeit die Wassermassen zur Erde zu schütten, von denen das Land für das kommende Jahr befruchtet wird. In dem gröfsten Theile von Vorder-Indien dauert diese sommerliche Regenzeit 4 Monate, mit dem Juni oder auch wohl schon mit der zweiten Hälfte des Mai beginnend und im September aufhörend, in einigen Gegenden auch noch auf den Oktober sich ausdehnend. In dieser Zeit fallen aber die Regenwässer in viel gröfserer Dichtigkeit als bei uns in Europa. Denn während in der Norddeutschen Ebene das ganze Jahr hindurch etwa soviel Regen fällt, dafs er das Land $^1/_2$ m hoch bedecken würde, so erreicht er in Bombay innerhalb der 4 Monate das $3^1/_2$fache und nach dem östlichen Himalaja hin noch sehr viel gröfsere Beträge. Ja! in den südlichen Vorbergen des östlichen Himalaja, dem sogenannten Khassiagebirge, befindet sich ein Ort, Djerrapondschi, welcher — soweit bekannt — die gröfste Regenmenge der Welt empfängt, nämlich im Jahre das 25fache von dem Mafse der Norddeutschen Ebene: $12^1/_2$ Meter. Andere Gegenden Indiens sind ja auch wieder weniger reichlich mit Regen bedacht, so namentlich die Gegend im Westen am Indus und im Pendjab, wie dies auch in der Wüstennatur der schon erwähnten Landschaft Thurr seinen deutlichsten Ausdruck findet.

Die Monsunwinde wehen nämlich nicht von Süden nach Norden, sondern von Süd-Westen nach Nord-Osten, sowohl im Meerbusen von Bengalen als im Arabischen Meere. Es kommen hierfür zwei Ursachen zusammen, die einander unterstützen. Einestheils wird jeder Wind durch die Erddrehung nach rechts abgelenkt und verwandelt sich daher, wenn er anfangs ein S — N-wind war, bald in einen SW — NO-wind. Noch wichtiger aber ist hierfür die Mitwirkung des schon

erwähnten Dritten im Bunde, der Südostküste von Afrika, welche etwa von Sansibar, ja von Mozambique an nordwärts bis zum Aequator an der Bildung des Monsuns theilnimmt. Auch hier findet eine Verschiedenheit in der Erwärmung des Landes und des Meeres statt, nur dafs hier der Zeit nach die Verhältnisse immer die umgekehrten sind wie in Indien. Denn da Sansibar südlich vom Aequator liegt so bewirkt die Sonne — wenn sie zum Norden wandert — dafs die Luft über dem afrikanischen Lande kälter und schwerer wird, als die über dem Meere und diese verdrängt, so dafs ein andauernder Wind vom Lande aufs Meer entsteht, ein Monsun von SW. nach NO., der sich über den Indischen Ozean hinüber fortsetzt und sich mit jenem Monsun verbindet, den wir schon an der Küste Vorderindiens kennen gelernt haben. Es ist daher aus einer Karte leicht verständlich, dafs der äufserste Westen Indiens, die Induslandschaften, nur wenig von dem Meereswinde getroffen werden, der vielmehr im frischen Zuge südlich an ihnen vorübergeht.

Um so direkter wird also die weiter südlich liegende Westküste der Vorderindischen Halbinsel von dem SW-Monsun getroffen, die Küste von Bombay bis Kap Comorin, und da sich hier wenige Meilen von der Küste landeinwärts die Gebirgskette der „westlichen Ghats" bis auf nahe an 2000 m erhebt, so findet hier sogleich in dem schmalen Küstenstreifen eine bedeutende Regenausschüttung statt. Haben die Lüfte erst diese Höhe überstiegen, so läfst das Niederfallen des Wassers nach, bis sie endlich an der hohen Mauer des Himalaja von Neuem emporsteigen müssen und hier auch den letzten Rest ihrer Feuchtigkeit verlieren. Daher denn auch der Reichthum Vorder-Indiens an wasserreichen Strömen, deren Ausdünstungen wieder die Luft in ihrer Nachbarschaft feucht erhalten und dadurch die Fruchtbarkeit des Landes mehren. Ueber den Himalaja hinweg gehen nur noch schwache Spuren des Monsun, die dort einem anderen Monsun aus SO. begegnen, der in China herrscht und auch dort den Wasserreichthum des Landes und der Ströme verursacht.

Mit dem Nachlassen der Sonnenstrahlung, welches gegen die Herbstnachtgleiche eintritt, hört der Antrieb zum Herandringen der Meereswinde auf. Bald zeigt vielmehr die Luft eine Bewegung in entgegengesetzter Richtung. Das Land kühlt sich stärker ab als die See, deren Temperatur nur um wenige Grade im Laufe des Jahres schwankt. In Kalkutta sinkt die Temperatur bis zum Januar um 10° C., im Dekhan und am Ganges wohl um 15—20° C. Das umgekehrte Verhältnifs von dem, was wir zuvor beschrieben haben, tritt ein. Die Luft über dem

Lande wird schwerer als diejenige über dem Meere, das Gleichgewicht wird also von Neuem gestört. Die Seeluft mufs dem stärkeren Druck vom Lande her weichen und es entsteht nunmehr ein Landwind, der auch wieder durch die Erddrehung nach rechts abgelenkt wird und als Nordost auftritt, sich mit jenem anderen Monsune verbindend, der zur selbigen Zeit im Süden des Aequators als Seewind auf die Ostküste von Afrika weht. Wohin die Sonne geht, nach Norden oder Süden, sie zieht die Winde vom Indischen Ozean nach sich, den von ihr durchglühten Ländern Kühlung und Fruchtbarkeit zu bringen. Dann erhalten auch die Ostküsten Dekhans und Ceylons, die gegen den Sommermonsun im Windschatten der benachbarten Höhen liegen, die Feuchtigkeit, welche die aus NO. zurückkehrenden Lüfte über dem Meerbusen von Bengalen aufnehmen, und diese Landschaften, Ost-Ceylon und die Küste Coromandel haben daher ihre Regenzeit vom September bis zum Januar. Vom Norden her dringen dann auch Winde ein, welche dem Pendjab im Winter einigen Regen bringen, der der winterlichen Weizen- und Gerstenernte zum Vortheil gereicht.

Durch dies herrliche System der abwechselnden Windrichtungen ist daher auf das Vollständigte für den Landbau, für das Gedeihen der von ihm kultivirten Früchte gesorgt. Aber wo viel Licht ist, ist auch starker Schatten. Man weifs, dafs das Wetter wechselt und zwar nicht allein von Tage zu Tage, sondern auch von Jahr zu Jahr. Sind die Monsunregen einmal zu reichlich, so entstehen Ueberschwemmungen und Versumpfungen, und die alsdann von Miasmen erfüllte Luft erzeugt verheerende Krankheiten. Oder aber, fallen die sommerlichen Regen zu knapp aus, so mifsrathen die Feldfrüchte und der Export nach Europa mufs eingestellt oder doch vermindert werden. Die Weizenpreise in Europa sind daher Mafsstäbe für die Ausgiebigkeit der Monsunregen in Vorder-Indien und es ist der kühnen Kombination jenes Engländers die Anerkennung nicht zu versagen, der aus den Londoner Marktberichten auf eine ca. 11-jährige Wiederkehr dürrer Jahre im Gebiete des Indischen Ozeans hat schliefsen wollen. Dieser Schlufs ist von um so höherem Interesse, als noch manche andere Erscheinungen (im Gebiete des Erdmagnetismus und in dem Auftreten der Sonnenflecke) für die Existenz eines ca. 11-jährigen sogenannten Sonnenjahres zu sprechen scheinen, d. h. einer ca. 11-jährigen Periode, in welcher die Ausstrahlung der Sonne zu- und wiederum abnimmt. Natürlich würde damit das stärkere oder schwächere Auftreten der Monsunregen zusammenhängen können; doch mufs der Bestätigung dieser Theorie noch erst entgegengesehen werden.

Auch für die Seefahrt sind die Monsune von höchster Wichtigkeit. Als Vasco de Gama auf seiner Entdeckungsreise nach Indien zuerst in Mozambique an der Ostküste Afrikas landete, hörte er mit Erstaunen, dafs man von dort die eine Hälfte des Jahres hindurch mit vollem Winde nach Indien segeln könne und ein halbes Jahr später mit vollem Winde zurück. Er konnte an der Richtigkeit dieser Mittheilung nicht zweifeln; denn ein lebhafter Handelsverkehr, der damals zwischen Mozambique und Indien bestand, beruhte auf der Benutzung dieser Windverhältnisse, und er selbst wurde schliefslich mit seinen Schiffen durch den Lootsen, den er an Bord nahm, im SW-Monsun nach Indien geführt.

In unserer Zeit der Dampfschifffahrt haben natürlich die Monsune an seemännischer Bedeutung verloren; doch hat auch der Handelsverkehr auf Segelschiffen keineswegs aufgehört. Während allerdings die Fahrt durch den Suezkanal nur durch Dampfschiffe geschieht, so geht doch noch jedes Jahr eine grofse Menge von Segelschiffen von Europa auf dem Wege um das Kap der guten Hoffnung nach Indien und ebenso zurück und alle diese benutzen auch heute noch die merkwürdigen Monsunwinde, welche mit wechselnder Gunst oder Ungunst sie nach den verschiedenen Küstenpunkten des Indischen oder auch des Grofsen Ozeans führen. Denn wie ich schon anführte, dafs auch in China ein System von Monsunwinden herrsche, welches dem Lande vom gröfsten Vortheil sei, so auch in den Gewässern von dort bis nach Australien hin, und hier mit dem besonderen Unterschiede von den bisher besprochenen Monsunen, dafs sie nicht von SW nach NO und umgekehrt wehen, sondern von SO nach NW und umgekehrt.

So nützlich aber auch auf dem Lande, wie auf der See die Monsunwinde dem Menschen sind, so lassen sie ihn doch auch bisweilen zu seinem Schaden die furchtbare Gewalt fühlen, welche die Sonnenstrahlen dem sonst so freundlichen Element der Luft mittheilen können. Gerade in den Zeiten des Monsunwechsels, wo die alte Windrichtung schon erloschen, aber die neue noch nicht in Herrschaft getreten ist, wo also die Luft entweder stillsteht oder durch leichte wechselnde Winde, bald aus dieser, bald aus jener Richtung bewegt wird; gerade in dieser Ruhezeit entwickelt sich bisweilen ein Gebiet niedrigen Luftdrucks und um dies her gerathen die Luftmassen in rotirende Bewegung, welche in steigender Heftigkeit bald eine furchtbare Gewalt erlangt und als Wirbelwind (Cykloon) den Schiffen die gröfste Gefahr bringt. Verloren ist das Schiff, dessen Führer nicht sicher den Weg des Cykloons erkennt und darnach den Kurs bestimmt, wie es die

seemännische Wissenschaft ihm vorschreibt. Denn bald wird es von dem drehenden Winde in die Mitte des Wirbels geführt, wo die thurmhohen Sturzwellen von allen Seiten herandrängen und das Schiff in den Grund bohren. Vielleicht ist noch manchem Leser der schreckliche Wirbelsturm in der Erinnerung, der im Juni 1885 im Meerbusen von Aden wüthete und dort so viele Opfer forderte. Im nördlichen Theile des Indischen Ozeans kommen diese schrecklichen Stürme am häufigsten während des Mai und vom September bis zum November vor. In diesen vier Monaten treten dort mehr Cykloone auf, als in den übrigen acht Monaten zusammen.

Und diese Stürme betreffen natürlich nicht nur die See, sondern auch das Land und namentlich schwer die Küstengegenden. Denn diese werden oft noch von einem Gang ungeheurer, langdauernder Wellen überfluthet, welche durch den Wirbelsturm im weiten Meere emporgehoben sind. Und bei der Dichtigkeit der Bevölkerung in Vorder-Indien ist es dann kein Wunder, wenn dabei Menschen in grofser Zahl umkommen. Solche schreckenvolle Vorkommnisse ereignen sich fast in jedem Jahrzehnt und besonders sind es die Gangesmündungen, wo schon mehrfach Zehntausende von Menschen in den von Sturm emporgetriebenen Ueberschwemmungen ihren Untergang fanden (am 21. Mai 1833 ertranken dort bei einem Cykloon 50 000 Menschen).

So zeigt sich, wie neben allem Segen auch Gefahr und Vernichtung aus der gewaltigen Kraft der tropischen Sonne entspringen kann. Aber die Ereignisse dieser Art sind, wenn auch schrecklich, so doch vereinzelt und schnell vorübergehend und können nicht verhindern, den überreichen Segen anzuerkennen, den die Natur über Indien ausgeschüttet hat.





Veränderliche und neue Sterne.

Von Gymnasiallehrer **J. Plassmann** in Warendorf.

Das Studium der Lichtänderungen, welche am Fixsternhimmel beobachtet worden, ist innerhalb der letzten Jahre in eine neue Phase seiner Entwickelung eingetreten, hauptsächlich infolge der steigenden Vervollkommnung der astrophysikalischen Instrumente. Die Photographie wurde in verstärktem Mafse zur Aufnahme gröfserer und kleinerer Himmelsgebiete herangezogen. Man erreichte dadurch zunächst eine gesteigerte Empfindlichkeit für die Lichteindrücke und die Möglichkeit, mit Linsen von relativ mäfsigen Verhältnissen sehr schwache Eindrücke sicher aufzufassen. Ein weiterer Vortheil ergab sich aus der Betrachtung, dafs die Gröfse des Scheibeneindruckes, welchen ein Stern von bestimmter Helligkeit und Farbe unter gegebenen äufseren Verhältnissen in festgesetzter Zeit auf einer Platte von gewisser Struktur und chemischer Zusammensetzung hinterläfst, offenbar eine Funktion aller dieser Faktoren sein mufs, allerdings eine sehr verwickelte Funktion. Da man jedoch, wenn es sich um die Vergleichung von zwei auf derselben Platte hinterlassenen Lichteindrücken handelt, ohne grofsen Fehler die Beschaffenheit des empfänglichen Mittels und den Lichtverlust in der Atmosphäre für beide ebensowohl als identisch ansehen kann wie die Belichtungsdauer, so vereinfacht sich das Problem bereits merklich; und wenn es auch noch nicht eine definitive Lösung gefunden zu haben scheint, so ist es doch jedenfalls freudig zu begrüfsen, dafs die Gröfsenschätzung und Stufenschätzung, früher in etwas der Subjektivität preisgegeben, nunmehr wenigstens theilweise den vorsichtigen Händen des messenden und rechnenden Physikers anvertraut ist. Ein weiterer Vortheil besteht in der fortwährenden Kontrole, der man beim Photographiren den Himmel unterwirft, ohne sich unnöthige Einzelarbeit zu machen. Es ist unseren Lesern bekannt, dafs in den letzten Wochen mehrfach kleine Planeten durch die Photographie entdeckt worden sind, indem durch ihre Bewegung

unter den Fixsternen ihre Lichtbilder in Linien ausgezogen wurden und so die planetarische Natur sich auf viel einfachere Weise herausstellte, als durch mühselige Vergleichung der Sternkarten mit den Notizen des Beobachters. Fast ebenso einfach gestaltet sich die Sache für den Fixsternhimmel, indem die neuestens in grofsem Umfange betriebene Spektral-Photographie für eine Menge von Sternen den Verdacht der Veränderlichkeit nahelegte und andererseits die tägliche Aufnahme des ganzen Himmels mit empfindlichen Platten es unmöglich machte, dafs irgend eine bedeutende Lichtänderung bei günstigem Wetter für unsere Erkenntnifs verloren geht. Die Wichtigkeit des letzteren Verfahrens hat sich an dem neuen Stern im Fuhrmann gezeigt, der in diesem Jahre während weniger Wochen eines der umworbensten Beobachtungsobjekte für Sternwarten und Liebhaber-Astronomen gewesen ist. Kaum war die Nachricht, dafs Anderson zu Ende Januar in der Nähe von χ Aurigae einen Stern fünfter Gröfse festgestellt habe, mit den ersten Positionsbestimmungen über den Ozean gegangen, als man in Cambridge (Mass.) das wohlgeordnete photographische Archiv nachschlug und die Sichtbarkeit des Sternes bereits für den vergangenen Dezember aufser Zweifel stellte.

Die Anwendung des Dopplerschen Prinzips auf den Fixsternhimmel hat die uralte Vermuthung von der Existenz eng verbundener, in wenigen Tagen einander umlaufender Sterne mathematisch als richtig erwiesen.

Da alle diese bedeutsamen Anwendungen der Photographie auf die Lichtverhältnisse der Fixsterne entweder bereits in dieser Zeitschrift behandelt sind oder demnächst von kundiger Seite behandelt werden, so müssen wir uns hier mit der Andeutung begnügen. Auch eine statistisch-monographische Behandlung der veränderlichen und neuen Sterne kann und soll hier nicht gegeben werden, vielmehr wollen wir nur unter einem bestimmten Gesichtspunkte einige Vertreter der Haupttypen der Veränderlichen betrachten.

Jene allumfassende erfolgreiche Anwendung gesteigerter optischer Mittel und namentlich der Erfolg, welchen das Studium der chemischen Lichtwirkung aufweist, hat vielleicht schon manchen unter unseren Lesern mit denselben halb wehmüthigen Gefühlen erfüllt, mit denen man auf so vielen Gebieten die Einführung des maschinellen Betriebes und die Aufserkurssetzung der Individualität zu allen Zeiten betrachtet hat. Wie der Rittersmann sein gutes Schwert durch die Erfindung des Pulvers, der Bergmann sein uraltes „Gezähe“ durch Einführung desselben Sprengstoffes und der Rheinschiffer sein Ruder durch das

Aufkommen der Dampfschiffe auf den Aussterbeetat gesetzt sah, wie sie glaubten, dafs persönliche Tapferkeit und Handgeschicklichkeit fürder nicht sehr in Betracht kommen würden, so mag vielleicht auch jetzt manchem das Auftreten eines fabrikmäfsigen Grofsbetriebes in der Sternkunde nicht behagen; er sieht das persönliche, das romantische Element verschwinden und will sich auch durch die glänzendsten ihm vorgehaltenen Ergebnisse nicht darüber wegtäuschen lassen.

In Wirklichkeit steht die Sache keineswegs so schlimm; und wie keine Maschine es vermocht hat, den Werth der menschlichen Hand zu vermindern, so bleibt auch auf dem Gebiete der Himmelskunde der individuellen Arbeit noch ein weites Feld vorbehalten. Die modernen Mähmaschinen haben auf dem Felde noch manche Aehre übrig gelassen.

Die vorhin angedeutete Entdeckungsgeschichte eines neuen Sternes, nämlich der Nova Aurigae, ist ein Beweis hierfür. Der Stern ist nur wenige Wochen hindurch beobachtet worden, und die kurze Zeit hat man sorgfältig ausgenutzt, um einerseits die Position und ihre Unveränderlichkeit mit gröfster Schärfe festzustellen, andererseits die spektralen Erscheinungen und endlich den Lichtwechsel mit den besten Mitteln zu studiren. Nehmen wir den Fall, dafs Anderson seine Vergleichungen des Himmels mit der Karte, die ihn zur Entdeckung des neuen Weltkörpers geführt haben, nicht angestellt hätte. Wahrscheinlich wäre dann der Stern zunächst ganz unbeachtet geblieben. Die Thatsache, dafs er in seinem absoluten Maximum im Dezember vorigen Jahres nicht erkannt worden ist, spricht deutlich genug dafür. Man hätte dann später irgendwo, etwa in Cambridge oder Heidelberg, zufällig auf den photographischen Platten entdeckt, welchen kostbaren Fund man sich entgehen liefs. Die rapide Abnahme des Sternes von Anfang März ab hätte dann das Beobachten sehr erschwert, wenn überhaupt die Sache schon konstatirt gewesen sein würde. Bald darauf hätte die Konjunktion des Sternes mit der Sonne das Beobachten ganz unmöglich gemacht. Allerdings würde der Werth der Photographien dadurch in um so hellerem Lichte erscheinen; aber die ganze eingehende Spektrographie wäre unmöglich gewesen, unmöglich auch das ziemlich treue Bild des Lichtverlaufs, welches man nach vielen unabhängigen Stufenschätzungen sich jetzt hat bilden können und das vielleicht noch weitere Ausführung erfahren wird.

In welchem Umfange nämlich die photographisch abgebildeten Helligkeiten mit den Okularschätzungen konkurriren können, ist bis jetzt noch eine offene Frage. Den grofsen Vorzug der Photographie, dafs die aktinische Wirkung sich in gewissem Sinne linear messen

läfst, während die den Okularschätzungen zu Grunde liegende Empfindung eine intensive Gröfse ist, haben wir bereits oben angedeutet. Fraglich bleibt jedoch die Gröfse der wahrscheinlichen Fehler, und zweifellos sicher ist es, dafs eine Menge guter, nach Argelanders Methode von verschiedenen Beobachtern angestellter Stufenschätzungen mit einer erheblich geringeren Zahl von Photographien sehr gut konkurriren kann. Hätten wir also auch keine Spektral-Analyse, so wäre es dennoch im Interesse unserer Kenntnifs der veränderlichen Sterne sehr zu bedauern, wenn Anderson seine Entdeckung garnicht oder erheblich später als zu Ende Januar gemacht hätte.

Kann nun diese Entdeckung als glänzender Beweis dafür dienen, dafs dem kenntnifsreichen und fleifsigen Liebhaber noch immer schöne Verdienste um die Himmelskunde vorbehalten sind, so darf man doch auch sagen, dafs Anderson Glück gehabt hat, und dafs es wünschenswerth sein würde, sich von solchen Glückszufällen unabhängig zu machen. Wie viele Novae der siebenten, sechsten und selbst der fünften Gröfse mögen schon aufgetaucht sein und in der Weise der berühmten neuen Sterne Keplers und Tychos nach einigen Schwankungen rasch zur Unsichtbarkeit abgenommen haben, ohne dafs jemand etwas von ihnen merkte, — wenn schon die Andersonsche Nova in der vierten bis fünften Gröfse wochenlang unerkannt glänzen durfte! Es würde sich zur Vermeidung solcher Verluste vielleicht empfehlen, die Platten, welche dasselbe Himmelsgebiet an verschiedenen aufeinanderfolgenden Tagen darstellen, immer sofort mechanisch zu vergleichen, wie es durch blofses Aufeinanderlegen, auch wohl mit Hülfe des Stereoskopes möglich wäre. Wir sind diesem Vorschlage noch nicht begegnet, halten ihn aber, wenn wir die in Cambridge getroffenen Einrichtungen richtig verstehen, nicht für indiskutabel. Dafs hierbei sowohl für die Auswahl einzelner grofser als auch für die vieler kleiner Gebiete Gründe sprechen, ist leicht einzusehen[1]).

Man hätte so wenigstens bis zu einer gewissen Helligkeitsgrenze herab die Gewifsheit, dafs das Auftauchen einer Nova und, was wir für ebenso mifslich halten, eine Ueberraschung in betreff eines länger bekannten Veränderlichen, etwa auch ein plötzliches Aufflammen, bei gutem Wetter nicht länger als einen Tag verborgen bliebe. Der ausgezeichnet organisirte astronomische Nachrichtendienst würde dann, wie es auch im Februar 1892 geschehen ist, schon das Uebrige thun.

Eine sehr überraschende Beobachtung will man an der Anderson-

---

[1]) Nachschrift bei der Correktur. Inzwischen hat Mr. E. E. Barnard (A. N. 3101) einen sinnreichen Vorschlag in der angedeuteten Richtung gemacht.

schen Nova gemacht haben, die bisher, wohl infolge mangelhafter Ausbildung der Methoden, an keinem neuen Stern gemacht ist. Wir meinen die Fluktuationen des Lichtes innerhalb weniger Stunden, wie Hr. Archenhold sie in Halensee durch Anwendung des Argelanderschen Schätzungsverfahrens auf die photographischen Eindrücke ermittelt zu haben glaubt[2]). Sie werden auch von anderer Seite angegeben und sind theoretisch nicht unwahrscheinlich. Es ist dringend zu wünschen, dafs alle Helligkeitsbeobachtungen, die noch nicht publizirt sind, einer Zentralstelle, etwa dem Harvard College Observatory zu Cambridge (Mass.), mitgetheilt werden, damit man womöglich den Lichtverlauf nach einer kleineren Zeiteinheit als dem vollen Tage darstellen kann. In Verbindung mit den Ergebnissen der Spektroskopie kann der Verlauf der Lichtstärke uns Anhaltspunkte betreffs der Natur der Nova geben. Obwohl ein abschliefsendes Urtheil über die Spektralbeobachtungen noch nicht möglich ist — eine monographische Behandlung derselben wäre zu wünschen — scheint doch die Mittheilung aus Cambridge und Potsdam, dafs es sich um drei oder vier übereinander gelagerte Spektra handelt, bereits gewisse Schlüsse zu gestatten[3]). Denken wir uns ein Algol-System, also einen Himmelskörper von der Beschaffenheit unserer Sonne, der innerhalb einer sehr kurzen Periode von einem etwas kleineren, relativ kalten und dunklen Planeten umlaufen wird. Unzweifelhaft wird die flüssige und gasförmige Umhüllung des Planeten der Schauplatz mächtiger Gezeiten sein müssen. Im Falle einer Kreisbahn ist nun unter den vielen möglichen Elementen-Kombinationen eine besonders merkwürdig, aber auch unwahrscheinlich. Steht nämlich in diesem Falle die Rotationsachse des Planeten auf der Bahnebene senkrecht, und sind Rotations- und Umlaufszeit einander gleich, so wird der Planet eine Zenithfluth und eine Nadirfluth haben, die unveränderlich an derselben Stelle verharren; er erfährt eine dauernde Deformation. Indessen ist dieser Spezialfall, in welchem die Körper wie „an einander gespiefst“ erscheinen (um uns eines Ausdruckes von Mifs A. Clerke zu bedienen), an sich sehr unwahrscheinlich. Die geringste Exzentrizität der Bahn, die geringste Neigung der Achse genügt, um die Fluthwelle zu regelmäfsigen Schwankungen in der Richtung des Aequators oder Meridians zu zwingen, und es ist zweifellos, dafs dieses nur auf Kosten der lebendigen Kraft des ganzen Systems geschehen kann. Uebrigens

[2]) Man sehe hierüber auch S. 289 des gegenwärtigen Jahrganges.

[3]) Auch hierüber ist bereits in unserer Zeitschrift S. 378 ff. des gegenwärtigen Jahrganges ausführlicher gesprochen.

wirkt auch in jenem extremen Falle die Wärmestrahlung des Hauptsternes in dem gleichen Sinne, da eine vollständige Homogenität der leuchtenden Fläche nicht anzunehmen ist.

Sind die Rotationszeiten der beiden Körper nicht schon ihrer Umlaufszeit gleich, so werden die Fluthwellen die Gleichheit herzustellen suchen. In jedem Falle aber geht Bewegungs-Energie verloren, und die Körper müssen also einander immer näher kommen, die Umlaufszeit mufs sich verkürzen. Die bis jetzt bekannten Sterne vom Algol-Typus lassen allerdings eine dauernde, säkulare Perioden-Verkürzung wohl noch nicht erkennen, und diejenigen Verkürzungen und Verlängerungen, welche selbst wieder periodisch sind, hat man neuestens mit Erfolg auf Störungen durch dritte Körper zurückzuführen gesucht. Doch ist bei Algol selbst, ebenso bei λ Tauri und einigen anderen länger bekannten Veränderlichen dieses Typus, die Periode selbst noch relativ lang; die Verkürzungen werden offenbar desto merkbarer werden, je kürzer die Periode schon geworden ist. Sehr kurze Perioden haben die erst in neuester Zeit bekannt gewordenen Veränderlichen Y Cygni, U Ophiuchi, R Canis majoris, S Antliae; diese Sterne sollten mit gröfster Sorgfalt in allen Phasen beobachtet werden, weil ihre sehr kurzen Perioden, die zum Theil unter die Länge des mittleren Sonnentages herabgehen, vielleicht die nahende Katastrophe andeuten.

Diese Katastrophe wird dadurch eingeleitet werden, dafs die Atmosphären der beiden Körper, durch die allgemeine Annäherung und auch durch die infolge derselben verstärkte Fluthwirkung einander immer näher kommend, sich zu berühren beginnen. Auch die Körper selbst sind immer mehr deformirt, und so beginnt zu bestimmter Zeit eine gewaltige Umsetzung von Massenbewegung in Molekularbewegung. Ist das System vorher, vielleicht seiner grofsen Entfernung wegen, für uns unsichtbar gewesen, so leuchtet es jetzt plötzlich in hellem Glanze auf, indem eine grofse Menge fester oder flüssiger Materie vergast wird, sich von den Körpern entfernt und dann zu gluthflüssigen Massen sich verdichtet, die offenbar eine sehr vergröfserte leuchtende Oberfläche und damit eine vermehrte Sichtbarkeit ergeben werden. Natürlich können weder die Rotationsbewegungen noch der Umlauf hierdurch auf einmal vernichtet werden. Aus einem Abstande betrachtet, der etwa der Entfernung Sonne-Erde gleichkäme, würde das System zu dieser Zeit einen sehr interessanten Anblick gewähren, indem man die Körper in raschem Wechsel in den verschiedensten gegenseitigen Lagen sehen würde; aufserdem wären sie bei der schnellen

Rotation und dem hohen Betrage der Fluthen als merklich dreiachsige Ellipsoide aufzufassen, und je nach ihrer Lage zur Erde würden sie stärker und schwächer leuchten, ganz abgesehen von den objektiven Aenderungen ihrer Strahlung. Würde ein besonders glänzendes Gebiet durch Rotation oder Umlauf uns näher gerückt, so würden wir eine Verschiebung seiner Spektrallinien nach Violett beobachten, und im umgekehrten Falle nach Roth. Da nun jeder Stern eine Zenithfluth und eine Nadirfluth hat, da ferner, wenn die Verkürzung der Umlaufszeit schon sehr weit vorgeschritten ist, nicht angenommen werden kann, dafs die Verkürzung der Rotation gleichen Schritt mit ihr hält, so hat man, wie uns scheint, hinreichenden Spielraum, um sowohl die Licht-Fluktuationen innerhalb sehr kurzer Intervalle, als auch die mehrfachen superponirten Spektra zu erklären, wie sie an der Nova Aurigae beobachtet sind. Die Pickeringsche Eintheilung der Veränderlichen in fünf Typen, die man kurz nach ihren charakteristischen Vertretern Algol, δ Cephei, α Cassiopeiae, Mira und Novae benennen kann, scheint also eine geschlossene Kette darzustellen, indem die Novae als letzte Entwickelungsphase der Sterne vom Algol-Typus zu betrachten wären.[4]) Das Auftreten heller Linien im Spektrum, eine neuerdings vielfach bei veränderlichen Sternen beobachtete Erscheinung, deutet auf die Gewalt der Vorgänge hin, die uns durch den Lichtstrahl bekannt gemacht werden.

Zugestanden, dafs die vorstehende Erklärung der an den Novis und namentlich an dem neuen Stern im Fuhrmann beobachteten Erscheinungen etwas verfrüht ist, so wäre es doch jedenfalls von Interesse, die Beobachtungsthatsachen betreffs der Algolsterne zu befragen und nachzusehen, inwieweit sie einer Verknüpfung dieser Art von Himmelskörpern oder Systemen mit den scheinbar so sehr davon verschiedenen Novis günstig sind. Die Lichtkurve Algols, wie sie der gewöhnlichen Annahme zufolge verläuft, darf als bekannt vorausgesetzt werden; nebenstehende Fig. 1 stellt sie nach Schönfeld-Scheiner dar;[5]) wir haben, um das Verhältnifs der Zeit der Verfinsterung zu der des vollen Lichtes anschaulich darzustellen, zwei Minima gezeichnet, und in ähnlicher Weise ist bei den unten folgenden Kurven für β Lyrae

[4]) Die in den letzten Sätzen enthaltenen Vermuthungen hat der Verfasser gleich nach dem Bekanntwerden der spektroskopischen Arbeiten über die Nova Aurigae vor der Math. Sektion des Westfälischen Provinzial-Vereins für Wissenschaft und Kunst vorgetragen.

[5]) Die Figuren 1—4 sind dem Jahresberichte der Görres-Gesellschaft für 1891, in welchem der Verfasser sie zuerst mittheilte, mit Erlaubnifs der genannten Gesellschaft entnommen.

und δ Cephei verfahren worden. Seit vielen Jahren mit der Beobachtung der helleren Veränderlichen nach Argelanders Methode beschäftigt und von dem Bestreben geleitet, die Richtigkeit der landläufigen Annahme der Unveränderlichkeit Algols im vollen Lichte (aufserhalb der Verfinsterungen) zu prüfen, schlug ich einen Weg ein, der manchem nicht unbedenklich erscheinen wird. Das Prinzip der Argelanderschen Methode besteht bekanntlich darin, dafs die Helligkeit der Veränderlichen regelmäfsig mit der Helligkeit solcher Nachbarsterne verglichen wird, die ihnen darin am nächsten kommen, am besten immer eines etwas helleren und eines etwas schwächeren. Die Differenz wird in einer Einheit angegeben, die man Stufe nennt, und die an sich ein sehr willkürliches und dehnbares Mafs ist. Folgende Thatsachen erlauben jedoch, aus derartigen Beobachtungen bestimmte Schlüsse zu ziehen:

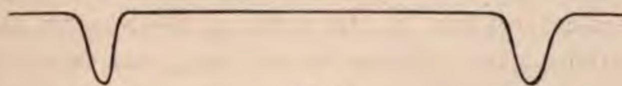


Fig. 1.

1. Für einen und denselben Beobachter ist unter gleichen atmosphärischen Bedingungen und in Abwesenheit sehr störenden fremden Lichtes die Stufe in dem Sinne ein konstantes Mafs, dafs die Differenz von zwei Sternen konstanter Helligkeit von ihm immer merklich gleich geschätzt wird, und dafs eine Differenz, die er auf s Stufen angiebt, wirklich s mal gröfser ist als eine eben noch wahrnehmbare Differenz, für die man den Ausdruck „eine Stufe" hat. Dieses Gesetz gilt mit um so gröfserer Annäherung, je geübter der Beobachter, je besser die äufseren Bedingungen und je kleiner die geschätzten Differenzen an sich sind. Doch möchte ich zu dem letzteren Faktor noch bemerken, dafs die allerkleinsten, noch unter einer Stufe liegenden Differenzen und zumal die Gleichheit, also die Differenz Null, nach meiner Erfahrung weniger leicht abzuschätzen sind als die etwas gröfseren Differenzen 1—3. Das Einführen von Bruchtheilen der Stufe scheint eigentlich den Argelanderschen Definitionen der Differenzen zu widersprechen; dennoch wird der Beobachter bei längerer Beschäftigung fast regelmäfsig auch gegen seinen Willen darauf geführt. Gewöhnlich liegt dabei bewufste oder unbewufste Mittelbildung zu Grunde, indem bei längerem Hin- und Herbewegen der Augen oder des Fernrohres zwischen den beiden zu vergleichenden Sternen die Differenz bald gröfser bald kleiner erscheint, aus physiologischen Gründen und auch zufolge ganz unkontrolirbarer atmosphärischer Einflüsse. Nun liegt

ja, da über vier Stufen hinaus die Schätzungen an sich schon sehr ungewifs werden, vielleicht etwas Widersinniges darin, an einem Unterschiede von fünf oder sechs Stufen noch ein Halbes oder Viertel abknöpfen zu wollen. Ich rathe trotz dieses Bedenkens dem Beobachter, immer die Zahl niederzuschreiben, die nach mehrfacher Vergleichung ihm momentan am besten behagt, und sollte es auch eine gebrochene Zahl sein. Hat man an einem und demselben Abende eine Menge von Beobachtungen veränderlicher Sterne gemacht, so findet man wohl später beim Nachlesen, dafs man eine gewisse Differenz, etwa $4^1/_2$, mit besonderer Vorliebe angesetzt hat. Man merkt das auch wohl schon während des Beobachtens, aber es wäre sehr verkehrt, das subjektive oder zufällige Element, das hierin liegt, durch widerwilliges Niederschreiben anderer Differenzen beseitigen zu wollen.

2. Die zweite Thatsache, auf welche Argelanders Methode sich stützt, ist die, dafs, wenn ein Veränderlicher häufig mit zwei konstanten Sternen verglichen ist, die Differenz dieser beiden unter sich mit grofser Genauigkeit gefunden werden kann, und dafs die Bildung des arithmetischen Mittels hierbei bis zu gewissen Grenzen erlaubt ist, eben wegen der Konstanz des Stufenmafses. Hierdurch gewinnt man feste Punkte für den numerischen Ausdruck der successiven Helligkeiten des Veränderlichen.

3. Die merkliche Konstanz der Perioden vieler Veränderlichen und auch des Lichtverlaufes während der Perioden ermöglicht es, diesen Lichtverlauf aus vielen zerstreuten Beobachtungen mit grofser Genauigkeit festzulegen. Die Uebereinstimmung, welche die so festgelegte Kurve in verschiedenen Jahren und auch für verschiedene Beobachter zeigt — bei letzterer Vergleichung mit Rücksicht auf das individuelle Stufenmafs und den starken Einflufs der Subjektivität bei der Beurtheilung farbigen Lichtes — diese Uebereinstimmung beweist einerseits die Richtigkeit jener Annahme von der Konstanz der Lichtkurve, andererseits auch die Brauchbarkeit des Verfahrens. Wohl einer der glänzendsten Beweise dafür sind Argelanders klassische Abhandlungen über β Lyrae.

4) Endlich erlaubt uns das psychophysische Grundgesetz, die Ergebnisse der Stufenschätzung auf wahre Lichtstärken zu reduziren, indem die richtig angegebene Stufen-Differenz dem Logarithmus des Helligkeitsverhältnisses proportional zu setzen ist. Damit gewinnt man die Möglichkeit theoretischer Schlufsfolgerungen.

(Schlufs folgt.)



Das Antlitz der Erde.

Von Dr. **M. Wilhelm Meyer** und Dr. **Paul Schwahn.***)

Schlufs.

Seine grofsartigsten Charakterzüge enthüllt das Antlitz der Erde in der neuen Welt jenseits des Ozeans. Wie die Werke des Menschen drüben in Amerika Dimensionen annehmen, die uns nicht selten märchenhaft erscheinen, so sind auch die Bauten der Natur dort von der gewaltigsten Grofsartigkeit. Wollen wir den merkwürdigsten dieser Naturscenerien der neuen Welt einen Besuch abstatten, so mag uns wohl zuvor auf der Oceanfahrt die Frage nach der Entstehung der grofsen, die Kontinente trennenden Meeresbecken beschäftigen.

Hier sanken ausgedehnte Schollen, weit gröfser noch als die stehengebliebenen Massen der Kontinente, bei dem Schrumpfungsprozesse der Erde tiefer und tiefer, so dafs das Wasser der Flüsse sich in diesen Mulden wie in ungeheuren Reservoiren sammelte. Die Erdkruste war hier offenbar am nachgiebigsten, vielleicht auch dünner wie unter den Festländern. Zwischen Europa und Amerika im besondern bog sich die Erdkruste nur ganz sanft herab; keine Ausbiegungen, keinen Gebirgszug von bedeutenderer Ausdehnung weisen die Atlantischen Ufer auf. Das Becken dieses Ozeans ist offenbar in normaler, ruhig fortschreitender Entwickelung entstanden. Anders die gewaltige Austiefung des Grofsen Ozeans. Hier gab das felsige Land aus härtestem Urgestein nicht nach. Die Gewalten der einschnürenden Kälte, gepaart mit der Schwerkraft, rissen die ungeheure Scholle, welche den Boden des Ozeans zu bilden im Begriffe war, endlich von der unnachgiebigen Rippe des Festlandes gewaltsam los. Eine weite Bruchlinie, eine klaffende Wunde blieb zurück, und rings herum entstanden hunderte von Vulkanen, von denen die Ufer des Grofsen Ozeans besetzt sind, während sie denen des Atlantischen vollständig fehlen. Die gewaltigste jener Bruchlinien ist die imposante Kette der Cordilleren.

---

*) Auszug aus einem in der Urania zu Berlin gehaltenen, decorativ ausgestatteten Vortrage.

Oestlich von diesem imposanten Uferwalle zieht sich im nördlichen Amerika das wilde und wunderbare Felsengebirge hin, und hier begegnen uns zahlreiche Narben alter Wunden in der harten Haut des Planeten, welche von ganz ungeheuerlichen vulkanischen Vorgängen sprechen, die hier zur Tertiärzeit aufgetreten sein müssen, zu derselben Entwickelungsperiode der Erdgeschichte, in welcher die grofsen Schwankungen der Kontinentalmassen stattfanden und dadurch die heutigen Trennungslinien von Meer und Land in ihren Hauptumrissen geschaffen haben. Aber jene Wunden im Erdreich, Zeugen fürchterlichster Entwickelungskämpfe, sind heute, nach Jahrmillionen, noch immer nicht gänzlich vernarbt.

Dieses zeigt sich namentlich in dem weltberühmten Yellowstone-Park, von welchem wir unsern Lesern bereits bei einer früheren Gelegenheit (I. Jahrg. S. 413) eine Schilderung aus der Feder des Herrn Prof. Zittel gaben, der zur Eröffnung der Northern-Pacific-Bahn denselben besuchte. Eine recht wohl gelungene heliographische Wiedergabe der heifsen Mammuth-Quellen war jenem Artikel beigegeben.

Fast siedendes, mit Kalk und Kiesel gesättigtes Wasser quillt hier beständig aus dem Boden hervor und hat, indem es bei der Abkühlung die aufgelösten Gesteinsmassen abgab, wundervolle Becken terrassenförmig aufgebaut. Diese Sinterbassins sind mit dem kristallklaren, heifsen Wasser beständig bis zum Rande angefüllt. Wo es überfliefst, hat das Wasser, das seinen Ursprung auf der hundert und einige Meter hohen obersten Bastion des Terrassenbaues findet, wundervolle Steinkaskaden kunstgerecht gebildet, die, in bestechendem Kontraste zu dem grünblauen Wasser schneeweifs glänzend, aus der Ferne wie Gletscherfirnen aussehen.

Aber solche heifsen Quellen, wenn auch nicht von gleich wunderbarem Bau, besitzt der National- oder Yellowstone-Park auf einem Terrain von etwa 3600 engl. Quadratmeilen zu Tausenden; hunderte von Geysern sprudeln hier gleichzeitig in regelmäfsigen Intervallen ihre imposanten Springbrunnen siedenden Wassers aus der geheimnifsvollen Tiefe donnernd empor. Was sind die zwei oder drei Geyser auf Island, verglichen mit der grofsartigen Thätigkeit der hier waltenden unterirdischen Feuergeister! Der gröfste Springbrunnen auf Island zeigt sich nur den bevorzugten Reisenden. Seine ganz unregelmäfsige Thätigkeit ruht oft Monate lang. Im Yellowstonepark dagegen giebt es kleinere Geyser, welche alle 40 bis 60 Sekunden aufsprudeln und der „Old Faithful", der „alte Getreue", seiner Regelmäfsig-

keit wegen so genannt, wirft alle 63 Minuten einen zwei Meter dicken Strahl kochenden Wassers 30 bis 45 Meter hoch empor.

Aufser diesen Geysern und heifsen Quellen treten hier noch eine Menge von Schlammvulkanen und halberloschenen Feuerbergen, sogenannte Solfataren, auf, welche Schwefeldämpfe ausstofsen. Das ganze ungeheure Gebiet ist offenbar unterwühlt von den unheimlichen Resten einer beispiellos grofsartigen vulkanischen Thätigkeit, welche hier zur Tertiärzeit Lavaströme von mehr als tausend Metern Tiefe und einer Breite erzeugte, welche der unserer gröfsesten Ströme gleichkommt. Heute stehen dort diese erhärteten einstmaligen Feuerströme in grofser Mächtigkeit offen zu Tage; aber unter den Füfsen des ehrfurchtsvoll staunenden Wanderers lagern offenbar noch mächtigere Lavafelder, die selbst in den Jahrmillionen, welche seit dem Ausströmen ihres Wärmegehaltes vergangen sind, noch nicht völlig erkalten konnten. In diese unterirdischen Lavafelder dringt das Regenwasser ein und sucht sich sickernd einen Weg in die Tiefe, um irgendwo wieder als Quelle hervorzusprudeln. Hier wird es unten erhitzt. Seine chemische Lösungskraft verstärkt sich dadurch; es nimmt Kieselerde in sich auf und baut sich, wenn es wieder zu Tage tritt und abkühlt, aus derselben diese Wunderwerke auf. Nach dieser, von Daubrèe aufgestellten Ansicht über die Entstehung der heifsen Quellen, stehen dieselben zum Vulkanismus also nur in secundärer Beziehung. Bei den Geysern formt die ausscheidende Kieselerde tiefe Brunnenröhren. In ihnen steigt das Wasser langsam empor und kann sich unter seinem eigenen Drucke so lange über den Siedepunkt erhitzen, ohne aufzukochen, bis die Temperatur durch das dauernd hinzuströmende heifse Wasser doch endlich zu hoch wird. Irgendwo in der Mitte des natürlichen Brunnenrohres beginnt dann plötzlich die Dampfentwickelung und wirft das darüber befindliche Wasser explosiv empor; das untere, vom Druck befreite Wasser kann nun gleichfalls aufkochen und folgt dem oberen. So entsteht die Geysereruption.

Die mächtigen, die Hochfläche des Yellowstoneparkes einschliefsenden Gebirgsstöcke erinnern uns abermals an die einschnürende Gewalt der Kälte, welche Kontinente senkte, hob und verschob, welche Meeresbecken ausleerte oder schreckliche Sintfluthen über das lebenerfüllte Land hereinbrechen liefs. Als Folgen einer krankhaft schnellen Entwickelung brachen die Vulkane hervor. Und dann, als die rohen Umrisse des Erdantlitzes durch diese bauenden Kräfte geformt waren, kam das Wasser und schnitt auflösend, langsam wieder

zerstörend, dem Antlitz seine feineren Züge ein. Diesem Walten des rinnenden Tropfens wollen wir nun weiter folgen.

Wir sehen, wie auch jene heifsen Quellen ursprünglich von demselben niederträufelnden, einsickernden Regen gespeist werden, wie alle die übrigen gewöhnlichen Quellen. Von hier, dem Ursprunge ab, lassen Sie uns defshalb die ciselirende Thätigkeit des Wassers überblicken. Das Wasser der Gebirgsquellen vereinigt sich zum reifsenden Giefsbach, der sich wilde Schluchten aus dem Gebirgsstocke oder selbst dem ebenen Erdreich gräbt. Den gewaltigsten dieser Schluchten begegnen wir südwestlich vom Yellowstonepark da, wo der mächtige Rio Colorado vom Felsengebirge herabstürzend eine weite Hochebene durchschneidet.

Die erste wissenschaftliche Expedition zur Erforschung der Erosionsschluchten des Colorado-Territoriums unternahm 1857 Colonel Ives und der amerikanische Geologe Newberry (Ives „Report upon the Colorado River of the West", Washington, 1861). Ihnen schlofs sich der Deutsche Möllhausen an. Später unternahm der Leiter der geologischen Landesaufnahme der Union, Major Powell, eine Fahrt durch die Cañons. Ihm folgten in neuerer Zeit die Geologen Holmes, Gilbert, Dutton. Von Letzterem liegt ein ausgezeichnetes, mit schönen Abbildungen geschmücktes Werk vor: Clarence E. Dutton, „Tertiary history of the Grand Cañon District with Atlas". Washington 1882. (U. S. Geological Survey. Monographs II).

Zum äufsersten wunderbar, erhaben und grauenvoll zugleich ist der Anblick dieser Landschaft, welche auf dem ganzen weiten Erdenrund nirgend ihres Gleichen hat. In eine öde, einsam dürre Wüstenebene hat der reifsende Strom fürchterlich klaffende Schluchten eingegraben, die jählings, unvermittelt in schwindelnde Tiefen bis zu 2000 m senkrecht abstürzen.[11])

Welches Grauen mufs den ersten Sterblichen, der jene Abgründe erreichte, ergriffen haben, wenn die Schatten der Nacht sich über der furchtbaren Wildnifs ausbreiteten, wenn die gigantisch ragenden Felssäulen gespenstisch in die finstere Unendlichkeit des Raumes zu wachsen schienen bis zu den Sternen empor, von deren zitternden Strahlen nur wenige hinabzutauchen vermögen in dieses Felsenchaos. Dazu das Brüllen des rastlos weiter wühlenden Stromes, der hie und da krachend ein Felsstück herabreifst in seine unersätt-

[11]) Ein Bild derselben und eine ausführlichere Darstellung ist bereits in einem der letzten Hefte vorliegender Zeitschrift gegeben worden. Wir wollen defshalb an dieser Stelle nicht länger dabei verweilen.

liche Fluth; einsam, abgeschlossen von aller Lebensregung der Natur, den Mächten der Zerstörung willenlos überliefert, die, lauernden Ungeheuern ähnlich, mit grausigen Felsenpranken jeden Augenblick ihre Opfer zu zermalmen drohen.

Flüchten wir, so schnell es geht, aus dieser grauenvollen Wildnifs.

Wir folgen dem Strome hinab aus dem Labyrinth der Cañonschluchten in freiere Gebiete, wo der Wasserlauf sich wieder auszudehnen und auf einem breiteren Gebiete seine zerstörende, ausgleichende Thätigkeit fortzusetzen vermag.

Gekräftigt durch seine zahlreichen Zuflüsse kann er nunmehr auf breiterer Basis seine Arbeit weiter verfolgen. Noch immer glüht ein kräftiges, jugendliches Feuer in dieser strömenden Schlagader des Planeten. Wenn auch die wildeste Sturm- und Drangzeit vorüber ist und der Strom sich in schöner Manneskraft in freundlicherer Umgebung entfalten kann, zuweilen überwältigt ihn noch die ungestüme Leidenschaft der jungen Tage. Oft sehen wir ihn mit wilder Ueberkraft den Felsen hinabstürzen, welcher sich seinem Schaffens- und Zerstörungsdrange vergebens entgegenstellt. Unaufhörlich, Tag und Nacht, Jahrtausende hindurch, nagt er an der Felswand, namentlich an ihrem unteren Theile, wo die stürzende Wasserfluth mit ungeheurer Gewalt sich eingräbt, Stein auf Stein abbröckelt und hinwegführt, dem Meere entgegen, hier wieder aufbauend, was sie dort zerstörte. Unterwühlt bricht endlich der Felsen unter der Wucht der Wassermassen zusammen: Der Katarakt rückt gegen die Stromquelle hin und gräbt eine Thalsenkung in die Landschaft ein.

Die erste Veranlassung zur Bildung eines Thales mag zwar immer jene Kraft gegeben haben, welche durch die Zusammenziehung der Erdkruste die Faltung der Gebirge schuf. In manchen Fällen sind ausschliefslich durch diesen Prozefs der Gebirgsbildung weite Thalsenkungen zwischen Gebirgsstöcken entstanden. In den meisten Fällen aber hat ganz naturgemäfs sich das Wasser der Quellen gerade hier einen Weg gesucht, um die von den inneren Mächten nur in grofsen Umrissen vorgezeichnete Arbeit geschäftig zu vollenden. Je nach der Härte des zu durchschneidenden Gesteins oder der Breite des Stromes wird dann eine Schlucht entstehen oder eine breitere Mulde, wenn die Schichtungen weniger widerstandsfähig an den Uferrändern nachstürzen und dadurch sanfter ansteigende Uferböschungen bilden.

So war es denn das Wasser, welches in die groben Konturen der aus den Kontinentalschollen aufsteigenden Gebirgsrippen die feineren

Details einmeifselte, deren vielartiger Reiz erst den eigentlichen Charakter der Gebirgslandschaft ausmacht.

In einigen Fällen hat man das Rückschreiten der Stromschnellen durch längere Zeit verfolgen können. Man fand beispielsweise, dafs der Niagarafall durchschnittlich im Jahre um ein drittel Meter zurückweicht. Unter Voraussetzung einer stets gleichen Wirkung läfst sich berechnen, dafs dieser imposanteste Katarakt der Welt zur Bildung seiner Thalschlucht ca. 35 000 Jahre gebraucht hat. Da nun gewisse Umstände es wahrscheinlich machen, dafs der Beginn der Thalbildung mit dem Ende der letzten Eiszeit zusammenfiel, welche auch Nord-Amerika mit ihrem weifsen Leichentuche überdeckte, so mufs also diese geheimnifsvolle Kälteperiode mindestens um etwa 35 000 Jahre hinter der Gegenwart zurückliegen. Die Wasserfälle werden auf diese Art zu Chronometern geologischer Zeitrechnung.[12])

Schreitet nun der Niagarafall so weiter zurück, dann wird er in etwa 70 000 Jahren den Eriesee erreicht haben, um plötzlich, wenn die Schleuse der letzten Felswand zwischen Strom und See stürzt, in fürchterlicher Katastrophe einen grofsen Theil der Wasser dieses Sees auszuleeren, dessen Niveau dann um die Höhe des gegenwärtigen Falles, also um 50 Meter sich erniedrigen mufs. An anderen Orten kann auf diese Weise ein ganzer See ausgeleert werden, an dessen Stelle ein weites fruchtbares Thal tritt, wie wir denn heute viele Gebiete kennen, die zweifellos ehemals Landseen waren.

So gräbt und wühlt das Wasser allerorten, arbeitet rastlos am Körper der Erde und führt auf wandernder Strafse die Berge zum Meere hinab. Sei es als sickernder Tropfen, den das Erdreich durstig einsaugt, und der im Felsen sich unterirdische Ströme, wundervolle Höhlen schafft, oder als Gletscherstrom, der in majestätischem Zuge von einsam ragenden Schneefirnen seine Eisfluthen niederwälzt; sei es als tosender Giefsbach, der mit Felstrümmern Fangball spielt und gähnende Schluchten in das Gestein schneidet, oder als manneskräftiger Strom, der in ruhigerem Fortschreiten sich ein breites Bett in grünender Thalsenkung schuf, oder endlich als wüthende Meeresbrandung, die den Gischt anstürmender Wogen dröhnend gegen die

---

[12]) Die erwähnte Schätzung des Rückwärtsschreitens des Niagarafalles stammt von Hall und Lyell her. Sie besitzt natürlich die Mängel, welche bei allen geologischen Zeitbestimmungen in Betracht zu ziehen sind, nämlich die Voraussetzung eines im Laufe der Jahrtausende stets gleichbleibenden Widerstandes der Kalkbänke und Schieferthonschichten, über welche der Fall hinwegstürzt. Ein anderes berühmtes Beispiel geologischer Zeitbestimmung bietet das Nildelta dar.

Felsrippen schleudert, — überall ist das Wasser siegreich, überall zertrümmert, verschlingt es wieder die Scholle, das Werk des Meeres, das es lange tief in seinem wogendem Busen verbarg und das nur der ungestüme Werdedrang des Irdischen ihm einstmals entreifsen konnte.

Die Ströme sind die Schlagadern des Lebens der gesamten Natur. Wie in unseren Adern die Blutkörperchen von der pulsenden Strömung erfafst und losgerissen werden, um, im ruhelosen Kreislauf weitergeführt, sich an anderen Stellen unseres Körpers wieder abzusetzen, so spielen die Ströme mit dem Erdreich, dem das organische Leben, das grüne Kleid des Planeten entspriefst. Und wo diese Ströme versiegen, hält auch der Pulsschlag des Lebens an. Vergebens erhebt sich die Sonne über solchen Wüsteneien. Ihre Gluth, die überall, wo sie mit dem feuchten Elemente sich paart, eine unerschöpfliche Fülle des Lebens gebiert, sie tötet mit ebenso unwiderstehlicher Gewalt, wo das wahre und einzige Lebenselixir, das Wasser fehlt.

Und in den Wolken sandigen Staubes, welche der Sturm über die Einöde jagt, die wir jetzt betreten (siehe das Titelbild), erstickt selbst das Sonnenlicht zu schwülrothem Dämmerschein. Wehe den Wanderern, welche sich vermafsen, diese Felswüste eilig zu durchqueren, wenn die glühenden Wolken sie erreichen; in ihrer heifsen Umarmung verzehrt sich alles Leben!

Aber nicht immer waren die verrufenen Gebiete der Colorado-Wüste so wasserarm wie heute. Die dämonisch aus dem treibenden Sande der Felsenwüste aufragenden Riesensäulen sind Denksteine, Monumente der grabenden Thätigkeit des Wassers in Urzeiten. Bis zur Höhe dieser wildphantastischen Felsgruppen, der Obelisken, Bildsäulen, Riesenpilze, Kathedralen, welche sich aus der endlosen Ebene einsam und gespenstisch erheben, als hätten hier Giganten ihre Bauten aufgerichtet, — bis zur Kuppe dieser zernagten Klippen lagerten einst die Gesteinschichtungen über der ganzen weiten Wüstenebene. Aber das wühlende Wasser hat die ungeheure Scholle Landes — hunderte von Quadratmeilen — weggeschwemmt, hinab ins unendliche Meer. Nur diese Reste widerstandsfähigeren Materials, welche in die ehemaligen, nun verschwundenen Thonlager eingebettet waren, widerstanden der nagenden Woge. Der Westen Amerikas ist ein besonders reicher Schauplatz geologisch merkwürdiger Erosionsformen. Aehnliche Naturspiele in unserer Heimath, z. B. die eigenartigen Erdpyramiden bei Bozen oder die Säulen der Weckelsdorfer- und Adersbacher-Felsenstadt, die an sich schon einen imponirenden Eindruck auf den Beschauer hervorrufen, können mit diesen Felsen-

gestalten des neuen Continents kaum verglichen werden. Geradezu berühmt geworden ist in dieser Beziehung ein Terrainstrich, der in der tiefen Einsenkung zwischen den Rocky Mountains und der Sierra Nevada gelegen ist und den die Amerikaner mit dem Namen des „Monumenten-Parkes" und des „Gottesgartens" bezeichnet haben. Zu den seltsamsten dieser Bildungen gehört die „Kathedralenklippe" im Coloradogebiete und die „natürliche Säule" im Territorium Wyoming.

Doch was die Fluthen verschonten, das vollendet ein noch flüchtigeres, noch leichter bewegliches Element, die Luft. Der Wüstenwind bläst den Sand mit wildem Ungestüm gegen die Felsenrippen; er feilt, reibt und schleift an ihnen so lange, bis auch sie morsch zusammenbrechen.

Verfolgen wir jetzt den vorhin verlassenen Strom weiter bis zu seiner Mündung.

Der wilde Jüngling, welcher einst in unbezwinglicher Kraftfülle die fürchterlichen Cañonschluchten ausgrub, der kräftige Mann, welcher später dann auf breiterer Basis weite Landgebiete bis auf wenige ragende Marksteine seines Schaffens auf seinen mächtigen Schultern rüstig hinwegtrug, er ist nun zum Greise geworden. Träge und matt fliefst das Wasser in den Stromadern und vermag nicht mehr die mitgeführte Beute festzuhalten. Müde lagert der Strom den Sand, den Schutt und all die verschiedenen Ueberreste, welche er auf seiner hunderte von Meilen langen Wanderschaft mit sich rifs, auf dem Grunde ab, noch bevor das Meer erreicht ist. Wohl breiter, aber immer seichter wird der Strom, bis er an einzelnen Stellen ganz versiegt und schmale, langgestreckte Inseln entstehen, die immer mehr an Ausdehnung gewinnen und schliefslich den Stromlauf in einzelne Arme theilen. Und diese Verzweigungen mehren sich nun; an der Mündung entsteht ein viel verästeltes Delta, durch welches die Wasserfluthen, träge im Sande fast verlaufend, sich dem Meere zuwälzen.

Ganz enorme Mengen von Erdmaterial setzen die grofsen Stromläufe an ihren Mündungen ab. Der Missisippi beispielsweise spült alljährlich 3800 Millionen Kubikfufs Erde in das Meer, und die drei grofsen, sich in das Eismeer ergiefsenden Ströme Asiens tragen in einem halben Jahrtausend ein Gebirge von 8 Kubikmeilen Raumgehalt auf ihrem breiten Rücken zum Meeresgrund hinab.[13]

---

[13]) Nach einer Schätzung der englischen Geologen **Mellard Reade** und **Guppy** würde sich die jährliche Sedimentabführung des Missisippi noch bedeutend höher stellen. Wir geben hier für einige der gröfsten Ströme die

Indem wir nun schliefslich stromabwärts das Meer erreicht haben, müfsen wir noch einen Augenblick bei einem merkwürdigen landschaftlichen Bilde mitten im Oceane verweilen: Als Zeichen der alles überwindenden Kraft des Lebens, seiner Unsterblichkeit, begegnen wir dem wunderbaren Ringbau einer Koralleninsel mitten im wildesten Tosen der feindlichen Elemente.

Bis in den tiefsten Grund des Meeres hinab sind die Fundamente der Ringinseln aus den Ueberresten der Korallenthierchen gebildet. Dies allein mag wohl nicht das Wunderbarste der Erscheinung ausmachen; denn selbst kleinere Geschöpfe als diese bunten Polypenbäume mit ihren millionenfachen Armen haben noch weit riesigere Berge aus ihren toten Leibern oder deren fester Umhüllung aufgethürmt. Es sei nur an die ausgedehnten Kreidelager erinnert, welche bekanntlich ausschliefslich aus den Schalen kleinster Lebenwesen bestehen. Und die Bildung solcher Kreideschichten geht heute noch ebenso vor sich, wie ehemals in den Meeren der Tertiärzeit. Der graue Schlamm, welcher den Grund aller unserer Ozeanbecken überdeckt, ist aus Milliarden von Radiolarien-, Foraminiferen- und Diatomeenpanzern gebildet, und unterscheidet sich nur bei mikroskopischer Untersuchung für das Forscherauge von dem Kreideschlamm. Der bekannte geologische Forscher und Schriftsteller Burmeister sagt mit Recht, dafs nicht blos die ganze mächtige Kreidebildung, sondern auch ein sehr grofser Theil des übrigen geschichteten Kalkes einmal durch den Mund und Magen eines Thieres hindurchgegangen sei, dafs er buchstäblich gefressen, verdaut und wieder ausgeschwitzt wurde. Byron sagt: „Der Staub, den wir mit Füfsen treten, war einst lebendig.“ Mag man immerhin über den beständigen Regen von Leibern hinsterbender Generationen, welcher dem Meeresgrunde zuströmt, sich verwundern, hier ist es der Tod, der wie überall der Erdscholle das Material zurückgiebt, welches das Leben ihm abgerungen hatte. Aber die Koralleninseln hat das Leben aufgebaut, nicht der Tod.

Quantitäten der im Jahre fortgeführten Festkörper nach den Angaben der erwähnten Forscher:

Jantsekiang	182 000 000	Kubikmeter
Laplata	44 000 000	„
Missisippi	211 500 000	„
Donau	35 540 000	„
Ganges	180 300 000	„
Hoangho	47 250 000	„
Po	11 480 000	„
Themse	528 300	„

Einige winzige Korallenstauden hatten sich zuerst an den Ufern der wellengepeitschten Insel angesiedelt. Dicht unter dem Wasserspiegel spielten die geschäftigen Arme der gefräfsigen Polypen, welche trügerisch schönfarbigen Blüthen gleich, aus dem Zweigwerk des Korallenbaumes hervorbrechen; denn in gröfseren Tiefen als etwa 40 Metern hören die Lebensbedingungen dieser Geschöpfe auf.

Aber wir wissen es, auch der Meeresboden schwankt so wie die Oberfläche der Kontinente, und auch in denjenigen Gebieten des Grofsen Ozeans, in denen wir diese Ringinseln antreffen, senkte er sich allmählig herab. Die Korallen wuchsen nach, so dafs die neuen Generationen stets nahe der Wasseroberfläche blieben. Die untersten dagegen mufsten absterben, sobald das sinkende Erdreich sie unter die kritische Tiefe hinabzog. Und als die ganze Insel endlich unter das Meer getaucht war, da blieb der nachwachsende Uferkranz der Korallenstauden als Denkmal derselben stehen. Von den unterirdischen Mächten der Erdbildung war diese Landscholle dem Untergange geweiht, aber die winzigen Wasserbaumeister widersetzten sich siegreich dieser Vorbestimmung und erhielten die Insel aus eigener Kraft über dem Meeresspiegel. Dann allmählich wurde neues Erdreich hier angeschwemmt, das die Lagune im Innern des Ringes ausfüllte; Pflanzen, deren Samen von Woge und Wind herbeigeführt wurden, keimten auf; die schlanke Kokospalme wiegt bald ihre grüne Blätterkrone im Winde, immer üppiger entfaltet sich das Leben, bis endlich der Mensch kommt und Besitz ergreift von dieser Scholle Landes, welche ihm im rastlosen Kampfe mit den Elementen jene mikroskopischen Eroberer geschenkt haben. Das ist die Macht des Kleinen!

Und auch mit Millionen Armen, nicht unähnlich jenen winzigen Korallenthierchen, baut und kämpft siegreich die Menschheit. Generation auf Generation strebt höher empor; im ewigen Kreislauf des Geschehens verbessert, verschönert sich beständig das Leben. Denn es giebt keinen vollkommenen Kreislauf; im irdischen Werdeprozefs liegt das Ende des Kreislaufs stets höher als sein Anfang. Wohl wogt beständig das Wasser aus dem Ozean empor zur Wolke, aus der Wolke wieder zur Erde nieder, von der Quelle zurück zum Ozean, wie zu Urzeiten so auch heute noch; und mit dem Wasser durchkreist das Erdreich scheinbar immer wieder dieselbe Bahn. Und doch gleicht keine der abgelagerten Schichten ihrer Vorgängerin. Jede neue Verarbeitung macht sie zu einer vollkommneren Trägerin des Lebensprozesses, und Ein-

schlüsse immer edlerer Formen des Lebens bekunden ihr siegreiches Emporstreben.

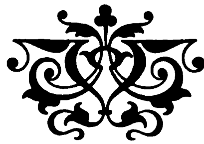
In dem Erdreich aber, das die gegenwärtigen Generationen ablagern, wird man gar seltsame Dinge eingebettet finden, von denen sich die Zeitalter früherer geologischer Perioden nichts träumen liefsen. Aus den Kreidefelsen der heutigen Schöpfung wird der Geologe späterer Tage Dampfschiffe, Telegraphenkabel, Kanonen, Bildsäulen, Denktafeln mitleidig lächend herausgraben; er wird sie in die Säle seiner prähistorischen Museen schaffen, so wie wir die zu Schifffahrtzwecken ausgehöhlten Baumstämme, die Streitäxte, die Thongefäfse der Pfahlbauer aufbewahren.

Viel mehr Schwierigkeiten, als sich uns beispielsweise bei Erforschung der altegyptischen Kultur darbieten, werden sich dem zukünftigen Archäologen entgegenstellen, wenn er aus diesen Trümmern unsere gegenwärtigen Zustände überblicken soll. Denn damals schrieb man die Urkunden in das Urgestein, aus dem man ragende Obelisken brach. Aber unsere papiernen Urkunden, die schönsten Werke unserer Geistesfürsten, werden längst vermodert und zerfallen sein, wenn man die Werkzeuge unseres Zeitalters aus den dunklen Archiven der Urwelt wieder ausgräbt. Kaum begreifen werden unsere Epigonen alsdann, dafs wir unsere rasselnden Maschinen mit Steinkohlen heizten, mit jenen kargen Ueberbleibseln von Sonnenkraft, während überall die gewaltigsten Quellen der unerschöpflichen Naturkraft in unserer nächsten Umgebung an uns vorüberflossen: Die Sonnenwärme, die Gewalt des fliefsenden Wassers in seinem ewigen Kreislauf, der lebendige Pulsschlag emporfluthender und wieder zurückebbender Meereswogen, das werden die Triebkräfte kommender Jahrhunderte sein.

Aber im geschäftigen Treiben freut sich der Mensch stets seiner Werke. Tief in der Seele sagt es ihm eine innere Stimme, dafs er nicht vergebens wirkte, dafs ihm als dem wichtigsten und edelsten Gliede der Naturentfaltung eine hohe Mission vorgezeichnet wurde. Mag auch alles, was er schuf im Kreislauf von Geburt zum Grabe wieder zu Grunde gehen — so wie über jenen versunkenen Städten der Römerzeit blüht allerorten ein schöneres Leben wieder empor und bedarf zu seiner Grundlage nothwendig der Werke vorangegangener Generationen.

Und wenn auch zweifellos das Antlitz der Erde, das sich bisher nur immer verschönte, einst zu altern beginnen wird, wenn der Tod

dereinst seine würgenden Arme um den ganzen, weiten Erdball schlingt, dann taucht der Planet — ein Sandkorn im Strome des ewigen Werdeprozesses der Welt —, eine Spanne Zeit ausruhend, hinab in die Nacht des grofsen Sternenmeeres, bis ein neuer Wirbel das winzige Stäubchen erfafst und es wieder emporhebt aus den Tiefen des Weltalls, um mit Millionen seines Gleichen eine neue Welt zu formen. Und wie wir hier sich Schicht auf Schichtung übereinander betten sahen, so werden auch die Weltkörper im Strome der Zeit von Kreislauf zu Kreislauf geführt, empor zur höchsten Vollendung. —





Neues von der Sonnenwärme. Seit der frühesten Kindheit der Wissenschaft hat die Frage nach dem Betrag und dem Ursprung der Sonnenwärme die Geister lebhaft beschäftigt, und kaum giebt es ein wissenschaftliches Problem, auf welches so verschiedene Antworten ertheilt wären. Es mufs auch von vornherein bemerkt werden, dafs die Frage nach der Temperatur des Sonnenballs durchaus unentscheidbar ist. Jede Antwort beruht auf verschiedenen Voraussetzungen und wie vage dieselben sind, das erhellt am besten daraus, dafs die wissenschaftlichen Angaben zwischen 1500° und 5000000° schwanken. Jede Lösung der Frage, wie heifs ein Körper sei, der für unsere Thermometer unerreichbar ist, setzt zunächst eine Annahme über das Mafs der von ihm ausgestrahlten Wärme voraus, ein Gesetz, nach welchem die Ausstrahlung sich ändert, wenn die Temperatur des heifsen Körpers zu- oder abnimmt und schliefslich eine Zahl, die von der Natur des Körpers abhängt und die Emissionskraft des Körpers genannt wird. Je nachdem man die drei Annahmen kombinirt, wird man eine andere Temperatur für den strahlenden Körper erhalten. Die erste Annahme nun ist bezüglich der Sonne gerade in den letzten Jahren so gesichert worden, dafs man auf ihr ruhig fufsen kann. Durch die Untersuchungen von Langley sind wir über den Werth der sogenannten Solarkonstante durchaus im klaren, sie beträgt 25 Wärmeeinheiten, d. h. die einem Quadratmeter der Erde in der Minute zugestrahlte Wärme ist genügend, um ein Kilogramm Wasser um 25° C. zu erwärmen. Das Gesetz über die Strahlung aber mufs auf Laboratoriumsversuche gegründet werden. Chatelin hat nach einer der französischen Akademie am 28. März gemachten Mittheilung den Zusammenhang zwischen der Temperatur und dem Betrage der ausgestrahlten Wärme studirt und durch eine Formel ausgedrückt. Freilich bezogen sich seine Versuche nur auf Körper, die 680° bis 1770° warm waren, und es bleibt unentschieden, ob seine Formel auch aufserhalb dieser Werthe Gültigkeit behält. Immerhin aber wird man mangels eines für die höheren Temperaturen giltigen Gesetzes von dem Chatelinschen Gebrauch

machen dürfen. Die dritte Annahme ist die auf den schwächsten Füfsen stehende: die Emissionskraft der Sonne läfst sich eben unmittelbar gar nicht bestimmen, man ist darauf angewiesen, sie derjenigen irgend eines irdischen Körpers gleichzusetzen, für welchen man sie gleich eins setzt. Unter allen diesen Annahmen ergiebt sich die Sonnentemperatur zu 7600°. Dieser Betrag mufs freilich erhöht werden, weil bei der Rechnung die jedenfalls sehr bedeutenden Strahlenmassen, welche die kühlere Photosphäre der Sonne verschluckt, keine Berücksichtigung erfahren konnten, und eine weitere Erhöhung würden wir eintreten lassen, wenn wir uns berechtigt glauben, die Emissionskraft des Sonnenkörpers für geringer anzusehen, als sie für den Einheitskörper ist. Jedenfalls erkennen wir, dafs wir noch durch kein Experiment imstande sind, auch nur annähernd diejenige Temperatur hervorzubringen, die dort herrscht.

Man hat bekanntlich vorzüglich zwei Ansichten darüber, wie die Sonne die ihr durch die kolossale Ausstrahlung entstehenden Wärmeverluste wieder zu decken imstande sei. Die eine besagt, dafs fortwährend eine grofse Menge von meteorischen Theilchen, bei ihrem planlosen Umherirren im Weltall, durch die Attraktionsgewalt des Sonnenballs in diesen stürzen und durch ihren Opfertod die Sonnenglut nährend, irdischen Wesen zum Leben verhelfen. Die andere Theorie behauptet, dafs durch die allmähliche Kontraktion des Sonnenballs, wie sie die Abkühlung erzeugt, gerade das Manko an Wärme fortwährend wieder gedeckt wird. Es fragt sich nun, ob in letzterem Falle, wenn also der Sonnenball kleiner wird, dies nicht in den vielen Jahrhunderten, über welche die wissenschaftlichen Beobachtungen bereits reichen, hätte zum Augenschein kommen müssen. Nun berechnet Morrison (Transactions of the Astron. and Phys. Soc. of Toronto 1891) unter der oben über die Solarkonstante gemachten Annahme, dafs der Halbmesser des Sonnenballs in der Sekunde nur eine Verringerung um den 660. Theil eines Millimeters zu erfahren braucht, was 48 Metern im Jahre, also 48 Kilometern in einem Jahrtausende entspricht, um auf gleicher Temperatur zu bleiben. Es erscheinen uns aber in der Entfernung der Sonne erst 724 Kilometer unter einem Winkel von einer Sekunde, dem kleinsten, welchen man auf der Sonnenscheibe mit einiger Sicherheit messen kann; hieraus wird es erklärlich, dafs ein so geringer Betrag in den drei Jahrtausenden, welche die Himmelskunde etwa jetzt alt ist, nicht zur Wahrnehmung kommen konnte und auch in noch einigen Jahrtausenden kaum merkbar sein wird, wenn nicht die messenden Instrumente wesentliche Verfeinerungen erfahren.

Legt man dagegen die meteorische Theorie für die Erhaltung der Sonnen-Energie zu Grunde, so lehrt die Anwendung der mechanischen Wärmetheorie Morrison, dafs der Fall eines Kilogramms aus der Unendlichkeit eine Wärmemenge erzeugt, die tausend Tonnen Wasser um 23° zu erwärmen im stande wäre. Hieraus läfst sich finden, dafs, um die Strahlung der Sonne in ihrem gegenwärtigen Mafse aufrecht zu erhalten, in jedem Jahrhundert soviel Meteore auf sie stürzen müfsten, dafs sie zusammen um ein Drittel mehr als die Erdkugel wiegen, und dafs diese mit einer Geschwindigkeit von 620 Kilometern begabt sein müfsten.

Nun ist zu der ganzen Frage zu bemerken, dafs beide Theorien nicht nöthig sind, um die Aufrechterhaltung der Sonnenstrahlung in ihrem jetzigen Mafsstabe, welche übrigens nach Wonikoff nicht unzweifelhaft feststeht, zu erklären. Aitken[1]) in Edinburgh hat nämlich bereits vor Jahren darauf aufmerksam gemacht, dafs die Strahlung sehr wohl dieselbe bleiben könne, ohne dafs die Temperatur dabei konstant bleiben müfste. Dann würde freilich die Sonne in einer fortwährenden, uns aber bei ihrer Langsamkeit sich nicht bemerkbar machenden Erkaltung begriffen sein. Sm.

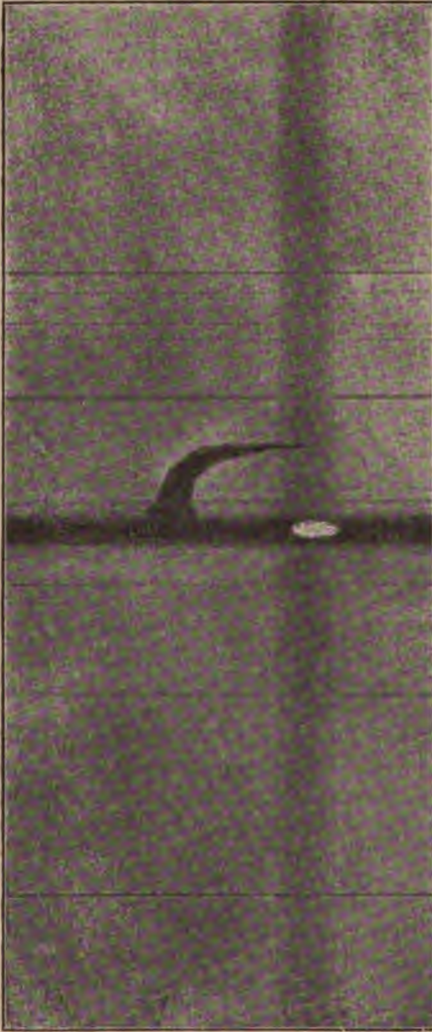


Nachtrag zu der Mittheilung über den grofsen Februar-Sonnenfleck.[2]) Wie wir der amerikanischen Zeitschrift „Astronomy and Astro-Physics“ entnehmen, haben auch spektroskopische Beobachtungen des diesjährigen grofsen Februar-Sonnenflecks merkwürdige Erscheinungen gezeigt, über die wir in Ergänzung der Mittheilung von Seite 484 kurz zu berichten haben. Zunächst zeigten mehrere Fraunhofersche Linien innerhalb der Fleckengruppe das auch sonst öfter im Inneren von Sonnenflecken beobachtete Phänomen der sogenannten Umkehrung, d. h. sie erschienen in ihrer Mitte hell (vergleiche unsere Figur). Diese Wahrnehmung kann durch die Annahme erklärt werden, dafs sich über der betreffenden Fleckenregion sehr heifse Gase befanden, deren Eigenlicht intensiver war, als das der weifsglühenden Photosphäre an der betreffenden Stelle des Spektrums. Aufser dieser Umkehrungserscheinung wurden aber an der durch Wasserstoff erzeugten

[1]) Vgl. H. u. E. Bd. I S. 40.

[2]) Eine Fleckengruppe von ziemlich gleicher Ausdehnung wie die vom Februar, war übrigens, wie bei dieser Gelegenheit angemerkt sei, auch Anfang Juli sichtbar.

dunklen C-Linie sehr merkwürdige Verzerrungen beobachtet, und zwar am 10. Februar von Crew auf der Lickdsternwarte, am 12. Februar aber von Hale in Chicago. Des letzteren Zeichnung giebt unsere Figur wieder. Es deuten die Wahrnehmungen nach dem sogenannten Dopplerschen Prinzip sehr gewaltige, auf uns zu gerichtete Bewegungen der Wasserstoffmassen in der Umgebung des Fleckens an. Es ist dabei aber befremdend, dafs die ebenfalls dem Wasserstoffspektrum angehörige F-Linie zu gleicher Zeit nicht diese Verzerrungen erkennen liefs.



Endlich konnten auch Protuberanzen in nächster Nachbarschaft des Flecks zu der Zeit, als dieser dem Sonnenrand nahe war, nachgewiesen werden. Sowohl am 4. Februar, als der Fleck auf der uns sichtbaren Sonnenhemisphäre erschien, als auch am 19. Februar, dem Tage seines Verschwindens am Westrande der Sonnenscheibe, wurden helle Protuberanzen in seiner Nähe gesehen. An der eruptiven Protuberanz vom 19. Februar bemerkte Fenyi in Kalocsa, dafs ihr Spektrum in einer bestimmten Höhe (von etwa 2400 geogr. Meilen über der Sonnenoberfläche) kontinuirlich erschien. Dies läfst sich auf zweierlei Art erklären. Entweder kann man annehmen, dafs in dem betreffenden Niveau der Sonnenatmosphäre feste oder flüssige Massen in staubartiger Vertheilung schwebten, oder man kommt zu dem Schlufs, dafs daselbst aufserordentlich stark verdichtete Gasmassen vorhanden waren, die nach Zöllner ebenfalls bei gehörig hohem Drucke ein kontinuirliches Spektrum zeigen können.

Die Länge des Erdentages.

Die Frage, ob die Länge unseres Tages, d. h. die Geschwindigkeit, mit welcher sich unser Planet um seine Achse dreht, eine konstante sei, ist von Wichtigkeit für ein grofse Anzahl astronomischer Untersuchungen und auch allgemein interessant. Es handelt sich eben darum, zu erfahren, ob die himmlische Uhr, nach welcher sich die ganze Menschheit richtet, und auf deren Angaben der Astronom alle seine Beobachtungen bezieht, immer richtig, d. h. gleichmäfsig schnell geht; denn in letzter Linie ist eben unsere Uhr die Erde selbst, ihre Räder sind die Parallelkreise und ihre Zeiger die Meridian-Instrumente unserer Sternwarten, das Zifferblatt der gestirnte Himmel. Wollen wir eine Uhr auf ihre Genauigkeit hin prüfen, so vergleichen wir sie zunächst mit einer besseren, aber auch die beste astronomische Uhr, von Menschenhand gefertigt, wird ihre Fehler haben. Um diese zu erkennen, vergleicht sie der Astronom mit der täglichen Umschwungsbewegung der Erde, deren Gleichmäfsigkeit nach Jahrhunderte langer Erfahrung und Prüfung mit unseren feinsten Instrumenten jedenfalls über der aller menschlichen Uhrwerke weit erhaben ist. Es wäre auch garnicht möglich, dafs hier gröfsere Schwankungen stattfänden; die ungeheure lebendige Kraft, welche der Umschwung der Riesenerdkugel hervorbringt, würde alles auf der Oberfläche der Erde lose aufgebaute Menschenwerk sofort über den Haufen werfen, wenn durch uns unbekannte Ursachen diese Umschwungsbewegung merklichen Schwankungen unterworfen wäre. Man bedenke, dafs ein Punkt auf dem Aequator der Erde durch diese Bewegung in einer Sekunde um ungefähr 465 m weiter befördert wird, in unseren Breiten (Berlin) noch immer um 284 m; dagegen würden wir eine gleichmäfsige, mit den Jahren oder Jahrhunderten fortschreitende Beschleunigung oder Verzögerung dieser Bewegung ohne weiteres nicht bemerken, denn es giebt eben keine bessere Uhr auf Erden als diese, mit welcher wir sie vergleichen können.

Wollen wir derartige Veränderungen praktisch ermitteln, so können wir nur ein Hilfsmittel anwenden, welches auch der Uhrmacher benutzt, wenn er die Kontrole des Astronomen nicht verwenden kann. Er vergleicht eine gröfsere Menge Uhren miteinander. Zeigen nun alle übereinstimmend ungefähr einen gewissen Gang und nur eine weicht von demselben bedeutend ab, so ist kaum ein Zweifel, dafs diese eine Uhr falsch gehe und nicht die sämtlichen anderen, weil nicht angenommen werden kann, dafs diese übereinstimmend denselben Fehler machen.

Aus gewissen theoretischen Gründen ist es nun von vornherein wahrscheinlich, dafs die Bewegung der Erde um sich selbst in zwar sehr langsamem Tempo sich gleichmäfsig verlangsamt, d. h. dafs unser Tag mit den Jahrhunderten länger wird. Die allgemeine Schwere mufs dieses bewirken. Durch dieselbe ziehen Sonne und Mond die Wassermassen der Erde zu sich heran und bewirken, dafs ein Theil derselben die Bewegung der übrigen Erdmasse um sich selbst nicht mitmacht oder doch eine wesentliche Verzögerung erfährt. Der Fluthberg eilt über die Ozeane hin oder besser gesagt, die Erde eilt unter ihm weg von Westen nach Osten hin, und dieser Berg zerschellt täglich zweimal an den Ostküsten der Kontinente, die er nicht überschreiten kann und hemmt ihre Umschwungsbewegung. Es ist, als ob Sonne und Mond mit einem festen Hindernifs die Erde berührten, durch dessen Reibung die himmlische Uhr beeinflufst würde. In ähnlicher Weise hat die Erde einstmals die schnelle Umschwungsbewegung des Mondes um seine Achse gehemmt und zwingt ihn heute, uns immer dieselbe Seite zuzuwenden. Bei Merkur und Venus hat die Sonne höchstwahrscheinlich dasselbe Verhältnifs hergestellt, während umgekehrt die weiter entfernten Planeten, bei denen dieser Sonneneinflufs ein ungemein viel geringerer ist, sich heute noch viel schneller um sich selbst bewegen als unsere Erde und ihr Nachbar Mars. Es würde sich also wohl der Mühe verlohnen, die Sache durch die Beobachtung näher zu prüfen.

Wo nehmen wir nun die übrigen himmlischen Uhren her, um durch sie die Umschwungsbewegung der Erde zu prüfen? Offenbar handelt es sich um äufserst subtile Uhrvergleichungen, um ganz ungemein geringe Zeitdifferenzen. Wir müssen also unter den übrigen himmlischen Uhren, die wir kennen — denn jede Umschwungs- oder Umlaufsbewegung von Himmelskörpern um sich selbst oder um ihren Zentralkörper stellt offenbar eine solche Uhr dar — die am schnellsten ihre Zeiger bewegenden und uns zugleich am nächsten befindlichen auswählen. Es ist ja unmittelbar zu verstehen, dafs wir eine genauere Uhrvergleichung an dem schnell sich bewegenden Sekundenzeiger ausführen können, als an dem langsameren Minutenzeiger. Wenn aber jener so weit von uns entfernt ist, dafs wir seine Bewegung überhaupt nur sehr schwer wahrnehmen können, so fällt dieser Vorzug gegenüber dem einen gröfseren Kreis beschreibenden Minutenzeiger wieder weg. Unter solchen Gesichtspunkten haben wir also unsere Beobachtungen auszuwählen.

Am nächsten liegt uns hier jedenfalls unser Mond. Derselbe be-

sitzt zwar eine etwa dreifsigmal langsamere Bewegung als die Rotation der Erde und verhält sich deshalb zu dieser fast genau so, wie ein um das Doppelte beschleunigter Minutenzeiger zu einem Sekundenzeiger. Aber er befindet sich andererseits viel näher als die anderen Himmelskörper, von denen einige, auf die wir noch zurückkommen, sich allerdings viel schneller bewegen. Wir können ihn deshalb viel genauer beobachten. Dabei zeigt es sich nun in der That, dafs seine Bewegung sich regelmäfsig beschleunigt. Es konnte dies namentlich durch die Untersuchung der Sonnenfinsternisse bis in die ältesten historischen Zeiten hinein verfolgt werden. Der Mond befindet sich nämlich nach jedem Jahrhundert, wenn man seine Bewegung aus dem vorangegangenen Jahrhundert als mafsgebend annimmt, um 12 bis 13 Bogensekunden weiter voraus als er es sein dürfte. Da der Mond nun eine Bogensekunde in etwa zwei Zeitsekunden zurücklegt, so würde diese Differenz verschwinden, wenn wir annehmen, dafs jedes Jahrhundert um 24 bis 26 Sekunden länger sei, als das vorangegangene. Nun hat bereits Laplace gezeigt, dafs ungefähr die Hälfte dieser Differenz sich aus den sehr verwickelten Einwirkungen der Anziehungskraft der übrigen Himmelskörper auf den leicht beweglichen Mond erklären läfst. Es bleiben also nur noch 12—13 Sekunden übrig, welche auf die Verlangsamung des Erdumschwungs oder die Verlängerung des Tages zu rechnen wären. Daraus würde also folgen, dafs das Himmelsuhrwerk der Erde in 36525 Tagen um $^1/_5$ Minute nachzugehen pflegt, gewifs eine erstaunliche Leistung der himmlischen Präzisionsmechanik.

Wir müssen uns nun aber erinnern, dafs in unserem Falle die Vergleichung nur einer einzigen himmlischen Uhr mit der zu kontrolirenden uns nichts nützen kann, denn wir sind dabei noch keineswegs sicher, ob nicht die Kontroluhr selbst die fehlerhafte ist. Ganz besonders unser Mond mit seinen verwickelten Bewegungen bietet in dieser Hinsicht ungemeine Schwierigkeiten. Es ist sehr wohl möglich, dafs noch andere als die genau zu bestimmenden Einflüsse der allgemeinen Schwere auf die Bewegung des Mondes wirken.

Namentlich mufs der im Raume überall schwebende Meteorstaub zweifellos der Mondbewegung eine Hemmung entgegensetzen, die an Gröfse vorläufig für uns noch unberechenbar ist, die aber in dem erwähnten Sinne wirken müfste. Dieser selbe Meteorstaub wirkt übrigens auch in gleichem Sinne auf die Erde selbst. Er hemmt, aus dem Weltraum hinabfallend, ihre Umschwungsbewegung, verlängert also den Tag, aufserdem vermehrt er die Masse der Erde, d. h. ihre Anziehungs-

kraft und beschleunigt dadurch die Umlaufsbewegung des Mondes. Oppolzer glaubte seinerzeit die ganze beobachtete Beschleunigung der Mondbewegung auf diesen Einfluſs zurückführen zu können und rechnete aus, daſs eine Schicht von 2,8 mm Dicke, um welche sich in einem Jahrhundert der Erdball durch den Meteorstaub vergröſsern würde, genügte, um die beobachtete Anomalie der Mondbewegung zu verursachen.

Gewiſs spielt auch der Meteorstaub im Haushalte der Natur eine weit bedeutendere Rolle, als man ihm bisher beizumessen pflegte. Er mag beispielsweise, da er den Weltraum wolkenartig ungleichmäſsig vertheilt ausfüllt, die Ursache gewisser vorübergehender Störungen in der Bewegung periodischer Kometen sein, und mag auch, wenn er sich den höchsten Schichten unserer Atmosphäre einzuverleiben beginnt, seines hohen Eisengehaltes wegen einen Einfluſs auf die Gruppirung der geheimniſsvollen Strahlen des Polarlichtes um die magnetischen Pole herum nehmen.

Nordenskjöld ging in seiner Ueberzeugung vom Einflusse des Meteorstaubes weiter; er hatte auf seinen nordischen Entdeckungsreisen vielfach wahrgenommen, daſs weit von allen menschlichen Behausungen der in unberührter Frische daliegende Schnee dennoch durch und durch von röthlichem Eisenstaube erfüllt war, so daſs stellenweise dieser Schnee wie von Blut geröthet erschien. Hieraus und aus der häufigen Auffindung von groſsen Meteoreisenmassen, die dem kühnen Reisenden namentlich in Grönland (Ovifak) aufstieſsen, wurde derselbe zu der Ueberzeugung verleitet, die ganze Erde und alle Planeten möchten ursprünglich aus einer Ansammlung von Meteoriten entstanden sein, die sich zufällig an der Stelle, wo das Planetensystem entstehen sollte, zusammenfanden. Wenn allerdings diese Ueberzeugung zweifellos zu weit geht und auch gewichtige Gründe gegen die vorhin erwähnte Hypothese Oppolzers sprechen, so dürfen wir doch gewiſs den Einfluſs des Bombardements von Meteoriten der verschiedensten Gröſsen, welchem die Erde beständig ausgesetzt ist, nicht allzu sehr unterschätzen. Da wir aber die wirklichen Quantitäten der zu uns herabfallenden Meteormassen nicht praktisch ermitteln können, so bleibt auch die Ursache des fraglichen Theiles der oben erwähnten Mondacceleration unaufgeklärt. Die Vergleichung der beiden himmlischen Uhren des Mond- und des Erdumlaufs lassen uns in Zweifel darüber, ob der Mond vor- oder die Erde nachgeht Wir müssen uns nach weiteren Uhren umsehen.

Jupiter und Saturn bewegen sich nun bekanntlich zwei- bis drei-

mal schneller um ihre Achse als die Erde; leider aber bieten ihre Oberflächen keinerlei feste Punkte, an welchen eine sichere Vergleichung dieser Umschwungsbewegungen sich für längere Zeit festklammern könnte. Auf Jupiter besonders bewegen sich die Wolkenzüge seiner Atmosphäre, welche wir allein nur beobachten, in verschiedenen Breiten mit verschiedener Geschwindigkeit, sowie es auch in noch erhöhterem Mafse bei den Sonnenflecken der Fall ist.

Sehr viel günstiger liegen in dieser Richtung die Verhältnisse bei dem so ungemein schnell laufenden ersten Satelliten des Mars, der bereits in ca. $7^1/_2$ Stunden einen Umlauf um den Planeten vollendet. Wenn die Erde wirklich in einem Jahrhundert soviel nachgeht, dafs dadurch der Mond um die erwähnten 6 Bogensekunden voraus ist, so würde das bei jenem Satelliten wegen seiner bedeutend schnelleren Bewegung bereits 1030 Sekunden ausmachen oder etwa 17'9. Wieviel dies ist, mag durch den Vergleich anschaulich werden, dafs der Minutenzeiger einer Uhr die gleiche Strecke in zwei bis drei Sekunden zurücklegt. Um soviel verschieden würde also die Stellung des Marssatelliten in seiner Bahn nach einem Jahrhundert sein, wenn die Erduhr wirklich um die früher erwähnte Gröfse nachging. Auf einer Uhr wird man eine so geringe Verschiebung mit blofsem Auge sicher nicht wahrnehmen; aber die Astronomen wenden mehrhundertfache Vergröfserung an. Obgleich nun zwar das ganze Zifferblatt dieser Satellitenbahn von uns aus gesehen nicht gröfser erscheint, als etwa eine oder zwei Haaresbreiten aus der Entfernung bester Sehweite vom Auge gehalten, so ist es doch sehr wohl möglich, dafs die Astronomen einstmals, wenn sie nämlich den Satelliten, welcher 1876 entdeckt worden ist, ein Jahrhundert lang verfolgt haben werden, an dieser himmlischen Uhr die Abweichung der irdischen mit Erfolg konstatiren können. Aber gegenwärtig ist der Zeitraum noch viel zu kurz, seitdem wir die Bewegung jenes schnellfüfsigen permanenten Weltkörpers verfolgen.

Es bleibt nun nur noch die Bewegung des sonnennächsten Planeten Merkur übrig, welcher zur Lösung unserer schwierigen Frage etwas beitragen könnte. Von allen Planeten besitzt eben Merkur die schnellste Bewegung um die Sonne, und wie der Mond Sonnenfinsternisse erzeugt, ist auch die Bewegung des ersteren durch die Vorübergänge vor der Sonnenscheibe, ähnlich wie die der Sonnenfinsternisse, mit ziemlicher Genauigkeit um einige Jahrhunderte zurück zu verfolgen. Merkur müfste um 3",8 unter den vorher angegebenen Voraussetzungen im Jahrhundert vorgehen, eine sehr geringe Gröfse, die jedoch in der

Zukunft konstatirbar sein wird und auch in die Vergangenheit mit einiger Sicherheit zurückverfolgt werden kann. Der eminente französiche Mathematiker Tisserand, der moderne Laplace, wie man ihn nennen könnte, hat nun gefunden, dafs die Durchgänge des Merkur vor der Sonnenscheibe unter der Voraussetzung einer Verlängerung des Sterntages in einem Betrage, dafs dadurch die konstatirte Mondacceleration erklärt würde, eher schlechter durch die Rechnung dargestellt werden, als wenn man den Sterntag konstant annimmt. Unsere Frage bleibt also leider noch immer offen, und Tisserand meint, dafs die theoretisch absolut nothwendige, regelmäfsige Verlängerung des Sterntages durch die Flutherscheinung und das Auffallen von Meteoriten durch die ebenso zweifellose allmählige Verkleinerung des Erddurchmessers eine Gegenwirkung erfahren könne, welche durch die allmählige Abkühlung der Erde entstehen mufs. Indem nämlich durch diese Verkleinerung des Erddurchmessers die Oberflächenmassen dem Mittelpunkte der Erde näher rücken, nehmen sie die gröfsere lebendige Kraft ihrer Umschwungsbewegung auf einen kleineren, nunmehr zu durchlaufenden Kreisumfang mit und beschleunigen dadurch die Umschwungsbewegung der Erde. Es ist in dieser Hinsicht gefunden worden, dafs eine Verminderung der Gesamttemperatur der Erdkugel von nur einem Tausendstel Grad im Jahrhundert hinreichen würde, um jene vorausgesetzte Verzögerung des Erdumschwungs von 12 s. zu kompensiren.

Wir sehen also, dafs die interessante Frage von der allmähligen Verlängerung unseres Erdentages vorläufig noch eine offene bleiben mufs; aber wir erkennen auch zugleich, wie ungemein interessante Fragen über die allgemeine Verwaltung der himmlischen Bewegungsorganisation nur durch die minutiösesten und durch Jahrhunderte fortgesetzten Untersuchungen gelöst werden können. Die scheinbar so haarspalterische Pedanterie der beobachtenden Astronomen, welche dem Laien oft als eine unnöthige Zeitverschwendung erscheint, mag unter anderem auch durch diese Betrachtungen gerechtfertigt werden.

M. W. M.



Ein verschollener Komet.

Ein Schicksal, welches bei dieser Klasse von Weltkörpern nicht gerade selten vorkommt, hat neuerdings den periodischen, im Jahre 1846 von Brorsen entdeckten Kometen aller Wahrscheinlichkeit nach

ereilt: er hat sich, so zu sagen, verkrümelt. — Da ein Umlauf um die Sonne bei diesem Gestirn nur $5^1/_2$ Jahre dauert, so hat man während der vier seit seiner Entdeckung verflossenen Dezennien eine ganze Reihe von Erscheinungen desselben beobachtet. Obgleich für einige dieser letzteren die Sichtbarkeitsbedingungen keine günstigen waren, waren doch die lichtstarken Fernrohre der Neuzeit im stande gewesen, das matte Objekt nahe dem vorausberechneten Orte aufzufinden und längere Zeit hindurch zu verfolgen. Im Herbst 1884 wollte dies freilich trotz eifrigen Suchens nicht mehr gelingen, was man indessen damals ganz mit Recht den ungünstigen Sichtbarkeitsverhältnissen zugeschrieben hatte. Um so eifriger gingen zahlreiche Astronomen im Frühjahr 1890 an die Aufsuchung des interessanten Himmelskörpers, der diesmal wegen der günstigen Stellung zur Erde bedeutend heller als bei seiner ersten Erscheinung zu werden versprach und dessen scheinbarer Lauf am Himmel von Prof. Lamp in Kiel mit grofser Sorgfalt unter Berücksichtigung der wichtigeren Störungen seitens der Planeten vorausberechnet worden war. Aber alle Mühe blieb vergeblich, obgleich ein breiter Himmelsstreifen zu beiden Seiten des theoretisch vorausberechneten Weges mit Hilfe der kräftigsten Teleskope von geübten Beobachtern sorgsam abgesucht wurde. In einer ausführlichen Monographie, welche Prof. Lamp jüngst diesem Kometen widmete, wird nun der Nachweis geführt, dafs die theoretische Unsicherheit der Rechnung nur eine aufserordentlich geringe ist und dafs auch kein Fehler die Rechnungsergebnisse entstellt haben kann; somit bleibt nur die Alternative übrig, dafs der Komet seit seinem letzten Sichtbarsein entweder eine ganz besondere Lichtschwächung erfahren hat, oder dafs er sich in unwahrnehmbar kleine Theile aufgelöst hat und dadurch scheinbar in Nichts verschwunden ist. Allerdings sind nun zwar bei Gelegenheit der früheren Erscheinungen des Brorsenschen Kometen merkwürdige, jeder Vorausberechnung spottende Helligkeitsschwankungen beobachtet worden, und wenn wir bedenken, dafs das Leuchten der Kometen nach neueren Forschungsergebnissen aller Wahrscheinlichkeit nach eher auf eine elektrische Lumineszenzerscheinung, als auf ein eigentliches Glühen zurückzuführen sein dürfte, so erscheint es gewifs möglich, dafs der Komet vielleicht nur gerade im Jahre 1890, einer Minimumepoche der Sonnenflecken, besonders schwach elektrisch erregt und daher auch schwach leuchtend war, dafs er aber vielleicht demnächst einmal wieder im alten Glanze strahlen könnte. Wenn wir aber andererseits an die beim Bielaschen Kometen gemachten Erfahrungen und an die klassischen Untersuchungen

Schiaparellis über die auflösende Wirkung der Sonnenattraktion denken, welche die der Sonne wiederholt nahe kommenden Gestirne erfahren, so werden wir es doch für wahrscheinlicher halten, dafs auch der Brorsensche Komet sich durch die ungleiche Anziehung seiner Theile seitens der Sonne in einzelne meteorartige Körper aufgelöst hat, die sich längs der Bahn des Kometen vertheilten, wodurch dieser letztere unseren Fernrohren unsichtbar wurde. Während uns aber im Falle des Bielaschen Kometen die reichen Sternschnuppenschauer vom 27. November 1872 und 1885 die Richtigkeit dieser Auffassung aufs deutlichste bestätigten, ist die Bahnlage des Brorsenschen Kometen eine derartige, dafs ein Zusammentreffen seiner Partikel mit der Erde ausgeschlossen ist, so dafs eine ähnliche Bestätigung unserer Vermuthungen nicht erwartet werden kann.

Sicherlich müssen wir bei der Unsicherheit dieser Erklärungsversuche für das Verschollenbleiben des Kometen seit 13 Jahren auch noch auf die nächsten vorauszuberechnenden Erscheinungen gespannt sein, um durch die dann zu machenden Wahrnehmungen eine Entscheidung der Frage in dem einen oder anderen Sinne zu gewinnen. Darum wissen wir dem Kieler Astronomen Dank, wenn er sich die Fortführung seiner mühevollen Rechnungen im Dienste einer interessanten und auch für die Kometentheorie im allgemeinen wichtigen Frage zur Aufgabe stellt. F. Kbr.



Pariser wissenschaftliche Unternehmungen.

Unsere Kenntnisse über den Aufbau und die Bewegungen der sichtbaren Welt sind in den letzten Jahren von Seiten der Pariser Sternwarte sehr wesentlich gefördert worden. Die erste, bisher nur angefangene und nur für einen geringen Theil des Himmels durchgeführte Arbeit ist eine genaue Durchmessung der sämtlichen in Paris sichtbaren Nebel und Sternhaufen. Bigourdan hat sich seit dem Jahre 1884 dieser Arbeit zugewendet und jetzt einen Theil seiner Beobachtungen herausgegeben. In der Einleitung zu seiner Arbeit legt der Gelehrte Zweck und Ziel derselben dar und giebt einen interessanten Ueberblick über die Resultate.

Man braucht kaum daran zu erinnern, dafs eine fortwährende Beobachtung der Nebel sehr geeignet ist, unseren Ansichten über die Weltenbildung feste Stützen zu geben. Seit Kant und Laplace haben alle kosmogonischen Theorien das Sonnensystem und auch die anderen

Weltsysteme aus Nebelmassen sich bilden lassen, denen von Anfang an eine wirbelnde Bewegung zu eigen gewesen sein mufste. Wäre es möglich, an einem und demselben Nebel nacheinander verschiedene Stadien wahrzunehmen, so wäre damit die Frage, wie unsere Welt entstand, ihrer Lösung genähert. Aber wie der Botaniker, der das Leben des Baumes von dem Augenblick an, da das Keimpflänzchen dem schwellenden Samen entsprofs bis zu der Zeit, wo der Riese des Waldes seine knorrigen Aeste gen Himmel reckt, verfolgen wollte, sehr bald das Vergebliche seiner Bemühungen einsehen müfste, weil es ihm an Zeit zum Leben und zum Sehen gebräche, so würde in viel höherem Grade die bezeichnete Aufgabe des Astronomen unthunlich sein. Hingegen in dem Walde suchend wird jener leicht die verschiedenen Stadien der Baumbildung entdecken, und dieser wird bei sorgfältiger Durchforschung des Himmels in einem Menschenleben die Entwickelung der Gestirne zu fördern verstehen. Um einige Thatsachen zu erwähnen, durch welche wir in unseren Ansichten über die Weltenbildung bestärkt werden, so waren die Entdeckung der Spiralnebel, die schönen Lichtbilder, welche Roberts vom Andromedanebel[1]) erlangt hat, und welche ihm ein ganzes Ringsystem enthüllt haben, nicht wenig auch die neuen Beobachtungen über den physikalischen Zusammenhang gewisser Sterne mit Nebelflecken, durchaus geeignet, der Nebularhypothese als Stütze zu dienen.

Will man entscheiden, ob ein Stern einer Nebelmasse angehört, so wäre die Distanzbestimmung wohl das geeignetste Mittel dazu. Aber freilich ist wenig Aussicht vorhanden, dafs eine solche bei dem diffusen Aussehen der meisten Nebel in näherer Zukunft gelingen werde. In den wenigen Fällen, wo man Nebel-Parallaxen zu messen versucht hat, ist man zu unendlichen Entfernungen gelangt.

Aber ist denn die Parallaxen-Bestimmung das einzige Mittel, über die Entfernung der Gestirne ein Urtheil zu erlangen? Darf man nicht vielmehr, wenn man nur auf absolute Gewifsheit verzichtet und sich mit grofsen Wahrscheinlichkeiten begnügt, aus dem Betrage der Eigenbewegungen sich einen Schlufs auf den Abstand des Gestirns gestatten. Wie wir mit den Flügeln des Dampfes dahineilend, die entfernteren Dinge weit langsamer als die näheren unseren Blicken sich entziehen sehen, so müssen wir bei der Reise, die wir mit dem ganzen Sonnensysteme durch das Weltall ausführen, auch die ferneren Objekte scheinbar langsamer als die näheren ihren Weg nehmen sehen.

---

[1]) Vgl. H. u. E. Bd. II S. 106.

Man hat auch bereits von einigen Nebelflecken solche eigene Bewegungen aufzufinden vermocht, und um weitere Studien in dieser Hinsicht zu ermöglichen, ist es jetzt desto nöthiger geworden, die Positionen der Nebel genau zu bestimmen. Selbst aber wenn die Frage, ob die Nebel sich mit merklicher Schnelligkeit bewegen, für eine grofse Zahl derselben verneint werden würde, so würde dies wenigstens einen Anhalt bieten für die geringste Entfernung, die wir ihnen zuzuschreiben haben, und zwar durch folgende Ueberlegung:

In neuester Zeit ist es Herrn Keeler gelungen, für eine allerdings noch recht geringe Zahl von Nebelflecken die Geschwindigkeit ihrer Bewegungen in der Richtung auf uns zu oder von uns fort mit hinreichender Sicherheit festzustellen. Es ist nun, wenn man eine gröfsere Zahl von solchen Objekten zusammen betrachtet, kein Grund für die Annahme vorhanden, dafs ihre Durchschnittsgeschwindigkeit in der bezeichneten Richtung geringer oder gröfser als diejenige in einer anderen, also auch von ihrer mittleren Eigenbewegung verschieden sein sollte. Aber aus der Vergleichung dieser Winkelbewegung mit jener in Kilometern gemessenen ergiebt sich sofort ein Schätzwerth für die mittlere Entfernung der Nebel.[2])

Interessant sind einige statistische Aufzeichnungen zur Geschichte der Nebelbeobachtungen, die uns den Riesenfortschritt der himmlischen Wissenschaft, den sie auch auf diesem Gebiete gemacht hat, in hellem Lichte zeigen. Vor den fruchtbaren Beobachtungen Lacailles, Méchains und Messiers im vorigen Jahrhundert betrug die Zahl der bekannten Nebel nicht mehr als dreizehn.

[2]) Nehmen wir z. B. an, dafs durch das Spektroskop die Bewegung der Nebel im Durchschnitt gleich 10 km in der Sekunde gefunden worden wäre, durch direkte Messung dagegen gleich einer Bogensekunde im Jahre, so würde folgende einfache Rechnung die mittlere Entfernung der Nebel ergeben. Die jährliche Bewegung des Nebels ergiebt sich in der Gesichtslinie jährlich gleich $60 \times 60 \times 24 \times 365.25 \times 10 = 315\,576\,000$ km. Der mittlere Halbmesser der Erde beträgt 6 370 km. Derselbe erscheint aus der Entfernung der Sonne gleich 8″.85, (Sonnenparallaxe). Beide letztgenannte Zahlen durch einander dividirt ergeben die Kilometerzahl, unter welcher eine Bogensekunde in der Entfernung der Sonne erscheint. Wir erhalten 713.7 km. In der Entfernung der Nebel aber erscheinen 315 576 000 km unter der oben gemachten Voraussetzung erst unter dem gleichen Winkel von einer Sekunde. Dividiren wir also die vorletzte Zahl in die letzte, so ergiebt sich, um wie viel mal mehr die Nebel von uns entfernt sind, als die Sonne. Im gegebenen Falle würden wir 442 200 Sonnenentfernungen erhalten, d. h. also nicht wesentlich mehr als die Entfernung der näheren Fixsterne. Ob die obigen Vorbedingungen wirklich stattfinden, mufs nun erst die Beobachtung bestätigen. Bis jetzt ist es wahrscheinlicher, dafs die jährliche Eigenbewegung der Nebelflecken geringer als die oben angenommene von 1″, also ihre Entfernung eine durchschnittlich gröfsere sei. Anm. d. Red.

Die genannten Himmelsforscher verzehnfachten die Zahl bis zu der Zeit, zu der W. Herschel mit der Absuchung des Himmels begann. Dieselbe führte in wenigen Jahren zur Entdeckung von 2500 Nebeln, und heutzutage sind gegen 8000 derselben in Kataloge gebracht. Die ersten genauen Messungen hat Laugier gemacht, und die beiden Lord Rosse, d'Arrest, G. Rümker, Vogel, Stephan, von Engelhardt u. a. haben sein Werk so fleifsig fortgesetzt, dafs man wenigstens von 1500 Nebelflecken die genaue Lage kannte. Das Werk von Bigourdan aber ist es, die Positionen aller 6000 in Paris sichtbaren Nebel so genau, als es bei der Schwierigkeit dieser Objekte möglich ist, zu bestimmen. Wir erhoffen von diesem Riesenwerke erhebliche Förderungen der wissenschaftlichen Erkenntnifs.

Zum andern hat sich die Pariser Sternwarte in der neuesten Zeit spektrometrischen Untersuchungen zugewandt. Die schönen Erfolge, welche dieser Zweig astronomischer Forschung besonders in Potsdam und Cambridge erfochten hat, haben Herrn Deslandres den Wunsch nahe gelegt, eine möglichst grofse Zahl von Sternen auf die Geschwindigkeit zu untersuchen, mit der sie sich auf uns zu oder von uns fort bewegen. Die dafür in Potsdam erfundene Methode soll auch in Paris verwendet werden. Die Spektralphotogramme einer Reihe von Sternen sind bereits entworfen und mit dem Spektrum einer festen Lichtquelle verglichen worden. Der Vergleich zeigte, dafs die Messungen an Güte den in Potsdam gemachten nicht nachstehen und keinen gröfseren mittleren Fehler als etwa eine geographische Meile ergeben, was gegen die älteren Augen-Beobachtungen von Greenwich eine wesentliche Besserung bedeutet; die betreffenden Arbeiten sind erst in ihren Anfängen, sie sollen allmählich auf eine sehr grofse Zahl von Sternen erstreckt werden.

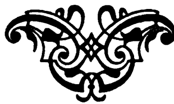
Derselbe Astronom hat auch neuerdings die bisherigen, gewifs genauen Untersuchungen über das Sonnenspektrum noch ausgedehnt und verfeinert. Es handelte sich dabei um einen noch wenig erforschten Theil des Spektrums, welcher die blauen, violetten und ultravioletten Regionen desselben umfafst. Und neuerdings ist noch eine weitere ultraviolette Gegend hinzugenommen worden, welche dem Auge unsichtbar bleibt und nur der lichtempfindlichen Platte ihr Bild anvertraut. Nun ist es eine bekannte, bei allen ähnlichen Untersuchungen bereits unangenehm empfundene Eigenschaft des gewöhnlichen optischen Glases, dafs es gerade diese Strahlen in hervorragendem Mafse verschluckt, und deshalb mufste das Prismenspektroskop in folgender Weise ersetzt werden. Mit Hülfe des Foucaultschen Siderostaten

und eines versilberten achtzölligen Hohlspiegels wurde zuerst ein Sonnenbild erzeugt und das Spectrum des Randes mit Hülfe eines Rowlandschen Gitters entworfen, und dieses durch Quarzlinsen photographirt. Die Zerstreuung wurde derart gewählt, dafs die Lichtbilder zu gleicher Zeit alle Strahlen der Chromosphäre innerhalb einer kleinen Terz umfafsten. Dabei fand sich in verschiedenen Protuberanzen des zweiten Halbjahrs 1891 die ganze Reihe der ultravioletten Wasserstoff-Strahlen wieder, welche zuerst Huggins im Spektrum der weifsen Sterne erkannt hat. Sie erschienen natürlich im Protuberanzenlichte als helle Linien und bis zur Zahl von acht. Immer waren sie fein und bestimmt. Dagegen sah man sie im Spektrum der Sonnenscheibe schon verbreitert. Deslandres gelangte zu dem Schlusse, dafs „die Sonne, die ein gelber Stern ist, in gewissen Theilen ihrer Atmosphäre die charakteristische Strahlung der weifsen Sterne darbietet"; er hält dieses Ergebnifs für wichtig, „weil es unsere jetzigen Vorstellungen über die Entwickelung der Gestirne zu stützen geeignet ist". Auf einige weitere interessante Einzelheiten einzugehen, verbietet uns leider der beschränkte Raum.

Zum Schlufs möchten wir eine Arbeit erwähnen, die zwar nicht in unmittelbarer Beziehung zu den Zielen der Himmelskunde steht, aber ihr auch dereinst Dienste zu leisten geeignet sein wird. Diese Arbeit geht zwar nicht von der Pariser Sternwarte aus, sondern verdankt dem internationalen Bureau der Mafse und Gewichte ihre Anregung. Es handelt sich um ein neues, absolut sicheres Mafs, auf welches wissenschaftliche Beobachtungen basirt werden können. Drei Versuche sind gemacht worden, um der Natur ein genaues Mafs zu entnehmen. Der erste, welcher in der Ausmessung eines Erdquadranten bestand, ist heute als ein durchaus unzulänglicher erkannt, da die Ausmittelung dieser Gröfse als längst nicht abgeschlossen anzusehen ist. Die Länge des Sekundenpendels, welche ein zweites Mittel bietet, läfst sich zwar für einen bestimmten Ort bis zu einem hohen Grade von Genauigkeit feststellen, aber diese reicht nicht aus, um die Zwecke der Wissenschaft voll zu erreichen. Aufserdem ist beiden Methoden vorzuwerfen, dafs sie von Willkürlichkeiten nicht frei sind, denn sie lehnen sich an einen bestimmten Erdort resp. dessen Meridian an. Ein Mafs, das von dieser Willkür frei ist und so zu sagen, ein kosmopolitisches Normal par excellence darstellt, liefert uns der Lichtstrahl. Die Wellenlänge einer bestimmten Fraunhoferschen Linie kann jetzt so genau gemessen werden, wie nichts anderes in der Welt. Prof. Michelson von der Clark-Universität in Amerika hat das erreicht durch die Erfindung seines Inter-

ferential-Refraktometers, eines an Empfindlichkeit unübertroffenen Mefsapparates.[1]) Auf die Einladung des internationalen Bureaus hat sich nun Michelson bereit erklärt, in dem Laboratorium desselben die Messung durchzuführen. Den Apparat hat bereits die rühmlichst bekannte Firma Brashear zu Alleghany in Angriff genommen und die optischen Oberflächen nahe vollendet. Diese Oberflächen zeigen eine Ausführung von der peinlichsten Genauigkeit; ihr Grenzfehler soll aber kleiner als der vierzigtausendste Theil eines Millimeters sein, und soweit ist allerdings die Justierung des Apparates noch nicht gediehen. Der Werth des Unternehmens mag aus folgenden Worten erhellen, die wir dem Briefe des Astronomen Gould aus Cambridge in Amerika an den Präsidenten der Vereinigten Staaten entnehmen: „Es scheint mir eine gerechte Quelle des Stolzes zu sein, dafs unser Land angerufen wird, sowohl den wissenschaftlichen als den technischen Haupttheil bei einer so kühnen und prächtigen Unternehmung zu tragen.“ Hoffen wir, dafs — wie nach den gebotenen Garantien kaum anders zu erwarten ist — wir durch die neue Untersuchung in den Besitz des genauesten absoluten Mafses gelangen. Sm.

[1]) Vgl. H. u. E. Bd. I. S. 127.





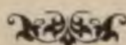
Wildermann, Jahrbuch der Naturwissenschaften. 7. Jahrgang 1891—92. Freiburg i. B. Herders Verlag. 1892. Preis M. 6, geb. M. 7.

Bereits mehrfach haben wir Gelegenheit genommen, unsere Leser auf diese treffliche Generalübersicht der wichtigsten Fortschritte im gesamten naturwissenschaftlichen Gebiete aufmerksam zu machen. Wir können auch den jüngst erschienenen, siebenten Band wegen seiner sorgfältigen Redaktion und klaren Darstellungsweise mit gleicher Wärme empfehlen. Der von Herrn Dr. Franz verfafste astronomische Abschnitt beschäftigt sich diesmal ausschliefslich mit Sonne und Mond und leidet daher an einer allerdings nicht wünschenswerthen Unvollständigkeit. Wenn es auch gerechtfertigt erscheint, in verschiedenen Jahrgängen verschiedene Himmelskörper mit besonderer Ausführlichkeit zu behandeln und dabei die Erfolge mehrjähriger Forschungen zusammenzufassen, so sollte ein „Jahrbuch der Naturwissenschaften“ doch über wichtige Entdeckungen an anderen Objekten nicht gänzlich schweigen.

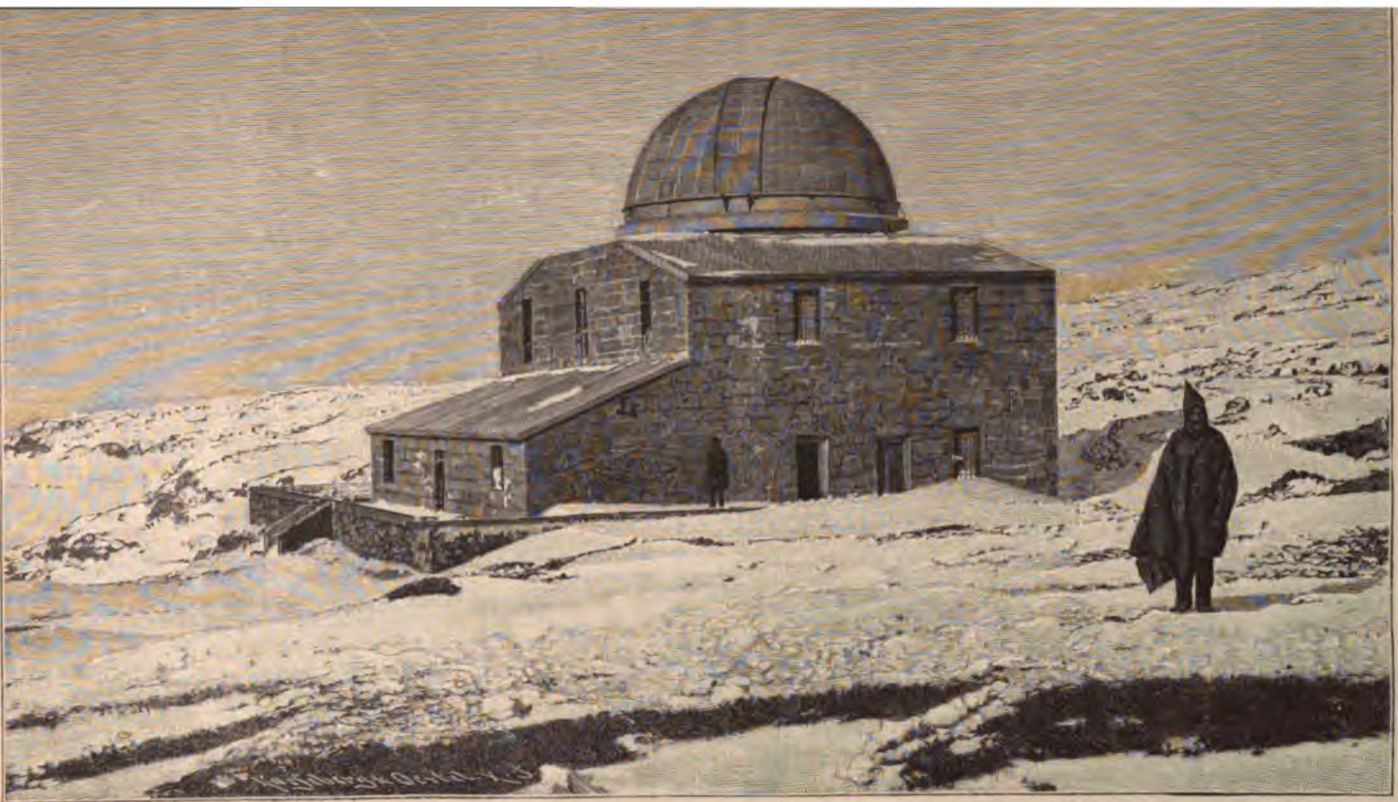
F. Kbr.

Sammlung Göschen, herausgegeben von der Göschenschen Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.

Unter den bereits erschienenen 26 Bändchen dieser Sammlung von Schulausgaben wollen wir nur diejenigen hervorheben, welche naturwissenschaftliche Unterrichtsgegenstände behandeln. Es sind dies Band 11 „Die Hauptsätze der Astronomie“ von A. S. Möbius, bearbeitet von Prof. H. Cranz, Band 13 „Geologie“ von Dr. C. Fraas, Band 18 „Bau und Thätigkeit des menschlichen Körpers“ von Prof. Rebmann, endlich Band 26 „Physikalische Geographie“ von Prof. Dr. S. Günther. Wir können diese kleinen Bändchen, deren Preis von 0.80 M. bei der gediegenen Ausstattung und dem durchweg von Fachmännern geschriebenen Inhalt als ein äufserst bescheidener gelten mufs, nicht nur zur Anschaffung für Schüler, sondern auch zur Selbstbelehrung weiterer Kreise bestens empfohlen halten.



Verlag von Hermann Paetel in Berlin. — Druck von Wilhelm Gronau's Buchdruckerei in Berlin.
Für die Redaction verantwortlich: Dr. M. Wilhelm Meyer in Berlin.



Die Beobachtungsstation auf dem Aetna.



Ueber Denkfehler.[1])

Von **Wilhelm Foerster,**

Direktor der Königlichen Sternwarte zu Berlin.

Die nachfolgende Betrachtung, welche aus der Geschichte und Methode der Astronomie und der anderen Naturwissenschaften einige Wirkungen beruhigender Art für menschliches Urtheilen überhaupt abzuleiten versucht, steht in nahem Zusammenhange mit meinen früheren Darlegungen über wissenschaftliche Vorhersagungen.

In der zweiten Sammlung meiner Vorträge und Abhandlungen habe ich in dem Aufsatz „Ueber Genauigkeit" schon den Versuch gemacht, einerseits die unmittelbare Anwendung naturwissenschaftlicher Methoden und Ergebnisse auf andere Probleme und Aufgaben menschlichen Urtheilens und Handelns einzuschränken, anderseits aber auf die Wohlthaten hinzuweisen, welche aus der in den Naturwissenschaften vorzugsweise entwickelten und bewährten Kritik menschlicher Erfahrungen und Schlüsse für das Erkennen und Wirken des Einzelnen, sowie für das Zusammenleben Vieler gezeitigt werden könnten.

Gewifs werden durch solche Erörterungen von so zu sagen akademischer Art keine erheblichen unmittelbaren Wirkungen erreicht. Unter den wenigen Menschen, denen sie in die Hände kommen, sind wenige, denen sie in die Seele dringen, und eine noch geringere Zahl solcher, welche ihnen praktisch Folge geben und die bezüglichen Anregungen weiter verbreiten.

---

[1]) Die folgenden Darlegungen sind zuerst in der Beilage zu den veränderlichen Tafeln des Kgl. Preufsischen Normal-Kalenders für 1893 abgedruckt worden. In Ansehung der verhältnifsmäfsig geringen Verbreitung, welche sie an jener Stelle erfahren haben, glaubten wir durch die Aufnahme in unserer Zeitschrift den Dank unserer Leser zu erwerben.

Das ist aber deine Schuld, sagt man dem Verfasser. Warum kannst du dich von dem trockenen vornehmen Ton nicht trennen, warum giebst du deinen Mahnungen nicht einen anziehenden, weithin schimmernden Titel, warum verbindest du sie nicht mit packenden, etwas sensationellen Erörterungen, in denen das Heilmittel unbewufst mit genossen wird.

Nun ich will mich an dieser Stelle nicht mit einer eingehenden Kritik dieser letzteren Methode beschäftigen. Es läge nahe zu sagen, dafs es kein gutes Verfahren ist, genaueres und ernsteres Denken mit Hülfe von Darlegungen kultiviren zu wollen, welche ihre Anziehungskraft wesentlich einer Verbindung mit gröfseren oder geringeren Uebertreibungen, also der Ungenauigkeit verdanken. Indessen wäre ein solches Urtheil wohl nicht ganz richtig. Es kommt nur darauf an, dafs jene Einkleidungen, oder wenn man sie so nennen will, jene Uebertreibungen denjenigen Charakter haben, der ihnen eine andere höhere Wahrheit verleiht, als das schlechthin Wahre oder Wahrscheinliche besitzt, nämlich den Charakter der Schönheit. In diesem Sinne hat Schiller die Menschheit durch „ästhetische Erziehung" zugleich beglückt und veredelt sehen wollen.

Nicht jedem, der ernst denkt, ist es gegeben, für die Darlegung seiner Gedanken eine in solchem Sinne „schöne" Form zu finden oder gar zu erfinden. Er kann alsdann nur darauf hoffen, dafs dieselben in mannigfacher, immer erneuter Wendung allmählich als Samenkörner auf manchen Boden fallen, auf dem sie in reicherer und schönerer Gestalt gemeinsam mit den Gedanken vieler Anderen zu einer mächtigeren Wirkung emporwachsen.

Seit den Zeitpunkten der vorerwähnten Erörterungen über Genauigkeit und über wissenschaftliche Vorhersagungen ist die darin zur Sprache gebrachte Unruhe und Erregbarkeit der Menschenwelt, wie es uns scheinen will, noch merklich gewachsen.

Eine Vorliebe der Menschen für Neuigkeiten und Schilderungen ergreifender oder grausiger Art, eine Neigung zur Verallgemeinerung vereinzelter Eindrücke, besonders wenn sie von krasser, wehthätiger Beschaffenheit sind, hat von jeher bestanden.

Beim Lesen der Zeitungen dringen jetzt aus der Nähe und Ferne Berichte über zahlreiche Verbrechen und Unglücksfälle in unsere Einbildungskraft; aber ähnliches geschah gewifs schon in uralten Zeiten, in denen etwa eine kleine menschliche Ansiedelung in einer Lichtung mitten in einem grofsen Walde wohnte und fast gar keine Beziehung zu der übrigen Welt hatte.

Während wir jetzt durch den Telegraphen unablässig aus fast allen Regionen der Erde, durch die Teleskope sogar aus den Himmelsräumen Sensationelles erfahren, lieferte damals das Dorf und der umgebende Wald gewifs ebenso unablässig erregende Nachrichten von Thieren, Menschen und Dämonen, sowie von räthselhaften Vorgängen der verschiedensten Art, welche die Menschen in Unruhe und Spannung hielten.

Es dürfte allerdings schwer halten, unseren jetzigen mit einem Zustande jener Art erschöpfend zu vergleichen und die relativen und absoluten Verschiedenheiten zwischen beiden richtig abzuwägen. Uns wird sicherlich in absolutem Sinne mehr und vielartigeres zugemuthet, als jenen Urzuständen. Dafür ist aber dasjenige, was wir in der gröfseren Fähigkeit zu klärendem Denken und an dem ererbten Gut von „dauernden", den unruhigen Wechsel der Eindrücke mildernden Gedanken jetzt besitzen, gewifs ein mächtiges Gegengewicht gegen jene, absolut genommen, stärkere Unruhe unseres Daseins.

Eines — das herrlichste Geschenk der Entwickelung — macht uns allerdings wieder abhängiger von Allem, was um uns herum geschieht, das ist die Verfeinerung und Vertiefung unseres Mitempfindens, wie sie zugleich mit der Erweiterung des Umkreises unserer Wahrnehmung und der Bereicherung unserer Erkenntnifs eingetreten ist.

Wir beruhigen uns jetzt nicht mehr mit jenem philisterhaften Behagen, dafs es uns selber noch nicht an den Kragen geht, wenn „hinten weit in der Türkei die Völker aufeinanderschlagen", sondern wir sind aufserordentlich hellhörig geworden für die Laute menschlichen Wehklagens in den fernsten Landen, zuweilen empfindlicher für diese, als für die Klage oder den stummen Blick des Leidens in unserer Nähe.

Die Erweiterung und Vertiefung unserer Theilnahme an dem Wohl und Wehe der Anderen und die Bethätigung dieser Theilnahme selbst mit eigener Einbufse steigert aber überhaupt die Energie unserer seelischen und somit unserer sittlichen Widerstandskraft. Alles in Allem genommen scheinen wir der absolut gröfseren Unruhe des jetzigen Lebenszustandes doch stärker gewappnet gegenüber zu stehen als frühere Kulturzustände der begrenzteren Sphäre ihrer Erscheinungswelt.

Das besonders Drückende und Trübende des jetzigen Zustandes besteht indessen (wenn wir von den politischen und sozialen Spannungszuständen absehen, die sich schwer gegen entsprechende Zustände anderer Zeiten abwägen lassen) darin, dafs wir uns noch in

einer Art chaotischen Uebergangszustandes sehr schneller und mächtiger Erweiterungen des Gebietes und der Summe unserer fast unmittelbaren Wahrnehmungen und Eindrücke befinden, und dafs es der mittleren Geisteskraft der jetzigen Menschheit noch nicht gelungen ist, ein neues relatives Gleichgewicht zwischen ihrer inneren Stärke und der Summe der äufseren Eindrücke zu erringen und dadurch zu dem neuen Weltzustande festere Stellung zu nehmen, nämlich eine Stellung, die durch formale Klarheit, Stetigkeit und Ruhe auch dem weiteren schnellen Fortgange jener äufseren Entwickelung auf lange Zeit hinaus gewachsen sein mufs und wird.

Betrachten wir zuerst als das an dieser Stelle am nächsten Liegende das Verhalten, welches gegenwärtig die Mehrheit der geistig regen Menschen in den Kulturländern gegenüber den zahlreichen Naturvorgängen zeigt, über welche unablässig von den Zeitungen berichtet wird.

In früheren Zeiten machten insbesondere gewaltige, mit dem Verlust von vielen Menschenleben verbundene Naturvorgänge, wie grofse Erdbeben und Vulkanausbrüche, wohl einen nachhaltigeren Eindruck als jetzt auf die Mitwelt. Das Gebiet, aus welchem man Nachrichten dieser Art erhalten konnte, war erheblich kleiner und das Nachrichtenwesen viel weniger entwickelt als jetzt, so dafs jene Vorgänge vereinzelter blieben und aus der Anzahl der übrigen mehr hervorragten. Jetzt vergeht der einzelne Eindruck solcher Art schneller, aber die Fälle, in denen jetzt von der ganzen weiten Erde, meist durch den Telegraphen getragen, die Kunde von Katastrophen solcher Art, wie Vulkanausbrüche, Erdbeben, Orkane, zu uns gelangt, sind unsäglich zahlreicher als sonst, und dadurch ist für die grofse Anzahl derjenigen, welche jetzt sowohl sympathischen als denkenden Antheil an diesen Dingen nehmen, aufserdem den Wunsch und die Hoffnung hegen, dafs es der Wissenschaft gelingen möge, die Gefahren und Schäden derselben durch rechtzeitige Warnung zu vermeiden oder zu vermindern, eine neue Form der Nervosität entstanden. Sie sind gewissermafsen in geistiger Mitleidenschaft mit der ganzen Erde, als ob ihre Seele nur eine der Nervengruppen der Erdseele wäre, bei denen die Telegraphendrähte etwa die Rolle der verbindenden Nervenleitungen spielten.

Ruhe gegen diese neue Form der Erregung suchen sie ganz folgerichtig in fortschreitender Erkenntnifs, und wo daher auch nur ein Schimmer von neuen oder vollständigeren wissenschaftlichen Erklärungen für diese Dinge auftaucht und die Hoffnung auf eine gesichertere Vorausbestimmung derselben eröffnet, findet sich eine en-

thusiastische Anhängerschaft, welche oftmals nach ihrer Zahl und ihrem Gewicht sehr ansehnlich ist und nicht hart beurtheilt werden darf, selbst wenn sie in ihrem erklärlichen und in mancher Hinsicht so erfreulichen Eifer das Opfer von oberflächlichen Einbildungen einzelner Dilettanten oder Schwärmer, oder gar von raffinirter Ausbeutung wird.

Man hat aus bereits vorliegenden mächtigen Leistungen der Wissenschaft die Zuversicht geschöpft, dafs sie mit der Zeit auch für jene Vorgänge der Natur zu einer gewissen Sicherheit der Erkenntnifs und Vorausbestimmung gelangen wird, und man begrüfst nun selbst kleine anscheinende Fortschritte und Erfolge auf diesen Gebieten mit einem Eifer und einem Entgegenkommen, welches den Männern der Wissenschaft in manchen Beziehungen zur Freude gereichen könnte, wenn nicht einerseits die dabei eintretende Abhängigkeit von einem wenig berufenen und sehr skrupellosen Prophetenthum statt der erhofften gröfseren Ruhe reiferer Erkenntnifs viel gröfsere Unruhe mit sich brächte, und wenn nicht andererseits in den weitesten Kreisen bei diesen Anlässen immer und immer wieder fast in unverminderter Stärke dieselben Irrungen hervorträten, welche dem Urtheilen der Menschen seit dem Urbeginn der menschlichen Geistesentwickelung anhaften und allmählich erst in der wissenschaftlichen Erkenntnifs Schritt für Schritt zurückgedrängt worden sind.

Die Entwickelungsgeschichte der Astronomie läfst den Kampf gegen jene Irrungen besonders deutlich erkennen, und diese Wissenschaft hat schliefslich im Bunde mit der Mathematik einen Kampf gegen unzulässige Schlufsfolgerungen aus unzureichendem thatsächlichen Material und gegen die Gedächtnifsfehler, welche aus der Freude an scheinbar eklatanten Uebereinstimmungen der Voraussicht und des wirklichen Geschehens hervorgehen, in der Gestalt ihrer Wahrscheinlichkeits- und Fehlerlehre methodisch organisirt.

Diese ist seitdem ein Besitz der Menschheit geworden, welcher jeder höheren Geistesbildung nicht länger fremd sein sollte, und welcher sich in der That in den verschiedensten freien und einleuchtenden Formen mittheilen und auch dem höheren Jugendunterricht innerhalb des Rahmens logischer Unterweisungen weit anziehender und wirksamer einfügen lassen wird, als die scholastischen Erörterungen über die sogenannten Schlufsfiguren und vieles ähnliche.

Jene wissenschaftliche Disziplin wird auch ganz unschätzbare Wohlthaten gewähren in Gestalt einer Gegenwirkung gegen die so weit verbreitete höchst unruhvolle Neigung der Menschen, Zusammenhänge zwischen Vorgängen in der Einbildungskraft und Vorgängen

im Menschenleben oder in der Seele Anderer im Sinne eines seelischen Fernsehens nach Raum und Zeit u. s. w. anzunehmen.

Eine der Grundlehren jener kritischen Methode besteht darin, dafs vereinzeltes Zusammentreffen von Vorhersagung und Geschehnifs niemals dazu führen darf, der Vorhersagung irgend eine Autorität zu verleihen, so lange nicht die Gegenprobe erbracht ist, dafs nämlich die Fälle, in denen die Vorhersagung keine Bestätigung durch das Geschehen findet, in entscheidender Weise weniger zahlreich und gewichtig sind, als die Fälle der scheinbaren Bestätigungen durch das Eintreffen.

Bei vielen Arten von Vorgängen ist nun diese Gegenprobe entweder schwer zu veranstalten oder sehr schwer zu überwachen und durchzuführen, und hierin liegt eine Hauptursache für den äufseren Erfolg und Anklang so vieler Wahngebilde von Theorien und abergläubischen Meinungen, zumal auch im Gebiete der Heilwirkungen.

Bei Ereignissen, deren Gesamtzahl in einem und demselben Zeitpunkte sehr grofs ist, z. B. im Bereiche der Unglücksfälle des Einzellebens, der Todesfälle u. s. w., ist das Zusammentreffen irgend eines derselben mit irgend einer darauf bezüglichen Ahnung oder Vorhersagung, z. B. mit einer hypnotischen Vision oder dergl., sogar ohne den leisesten Zusammenhang zwischen dem Vorgange selber und der seelischen Erscheinung, im elementaren Gebiete des Zufalls sehr wohl möglich: denn bei einer gewissen grofsen Zahl jener äufseren Geschehnisse und bei der im allgemeinen noch gröfseren (und selbst unter gewissen Einschränkungen auf besondere Formen der Einbildung immer noch recht grofsen) Anzahl von gleichzeitigen Beschäftigungen menschlicher Einbildungskraft mit Geschehnissen solcher Art wird ein Zusammentreffen von Uebereinstimmendem sogar mit einer gewissen gesetzlichen Nothwendigkeit in einer bestimmten Anzahl von Zeitpunkten erfolgen müssen.

Die Anzahl dieser Fälle rein zeitlichen Zusammentreffens ohne irgend welche ursächlichen Beziehungen erscheint nun aber noch viel gröfser, wenn man, wie so häufig infolge der Vorliebe für das Sensationelle geschieht, bei der Feststellung der Gleichzeitigkeiten und des Grades der Uebereinstimmungen weitreichende Ungenauigkeit und Willkür obwalten läfst. Endlich bestehen ja auch zwischen der Beschäftigung unserer Einbildungskraft mit der Lebenslage eines Anderen und gewissen Besonderheiten dieser Lebenslage, z. B. Leiden oder Gefahren des Anderen, gewisse ursächliche Beziehungen völlig naheliegender natürlicher Art, durch welche ebenfalls die Anzahl der Fälle

eines ungefähren Zusammentreffens über die Häufigkeit eines nur atomistischen, beziehungslosen Zusammentreffens hinaus, wie es innerhalb der grofsen Gesetzlichkeiten des sogenannten Zufalls stattfinden mufs, gesteigert wird. Im Gegensatz hierzu pflegt von den zahllosen Fällen, in welchen sich das Spiel der Einbildungskraft vollzieht ohne auch nur das entfernteste zeitliche Zusammentreffen mit entsprechenden äufseren Geschehnissen zu erleiden, niemand eine Erinnerung zu behalten, weil das eben nichts Besonderes darbietet, und es würde auch sehr schwer sein, bei anderen als bei bestimmten krankhaft einbildnerischen Personen genaue Rechenschaft und Aufzeichnung von allen besonders regen Vorgefühlen und Einbildungen hinsichtlich sensationeller äufserer Vorgänge zu erlangen.

Es mufs aber jedenfalls von allen solchen, welche sich mit reinem Forschungssinne der Prüfung von hypnotischen Vorgängen u. dergl. widmen, verlangt werden, dafs sie künftig für eine strenge und genaue Statistik aller visionären Vorgänge, auch derjenigen, welche sich sonst sensationslos in der Erinnerung verlieren, Sorge tragen, damit die ordentliche kritische Gegenprobe gemacht werden kann. Es ist nach allem bisher Vorliegenden nicht daran zu zweifeln, dafs dann das ganze Gebiet abergläubischer Einbildungen, welches sich aus unordentlicher Beobachtung und Aufzeichnung über die bezüglichen psychischen Erscheinungen aufgebaut hat, in Nichts zerfliefsen und damit Ruhe und Gesundheit des Denkens Vieler eine wichtige Stärkung erfahren wird.

Mit dem eben erörterten kritischen Prozefs steht nun hinsichtlich der Beurtheilung des Eintreffens von Vorhersagungen der Naturvorgänge folgende Reihe von Erwägungen in naher Verbindung.

Zunächst ist auch hier die Neigung, das Eintreffen zu behalten und zu betonen, das Nichteintreffen dagegen zu übersehen oder zu vergessen, von entscheidender günstiger Bedeutung für das Ansehen von Prophezeihungen, die mit einer gröfseren Sicherheit und Tragweite, als die Wissenschaft selber ihnen zu verleihen vermag, und mit einer entsprechenden Popularität der Darlegung auftreten, wie sie ebenfalls bei den wissenschaftlichen Beweisgründen sehr schwer zu erreichen ist.

Auch hier kommt aber zur Begünstigung vorübergehender Erfolge in der öffentlichen Meinung folgendes hinzu: Wenn die Zahl der Ereignisse, um deren Vorausbestimmung es sich handelt, überhaupt so grofs ist, dafs fast zu jeder Zeit auf der ganzen Erde irgend ein Vorgang entsprechender oder verwandter Art stattfindet, und wenn die Vorausbestimmungen sich dann noch eine weitgehende Unbestimmtheit der Angaben oder ihrer Auslegung nach Zeit und Ort gestatten,

wird ein sehr häufiges ungefähres Eintreffen der Voraussagung mit einer Sicherheit und Eleganz zu erreichen sein, welche viele gegen die Unsolidität des Verfahrens gänzlich blind macht.

Die Uebel, die dadurch angestiftet werden, sind in der Welt der Gedanken und in der Welt der äufseren Vorgänge von schwer berechenbarer, aber gewifs sehr erheblicher Gröfse.

Eine verwandte Erscheinung sind die ziemlich verbreiteten Illusionen über selbstgefundene oder leichthin von anderen aufgenommene Erklärungen der gewöhnlichen Wettervorgänge oder solcher vermeintlich „ungewöhnlichen" Anomalien der Wetterzustände, welche in Wirklichkeit sehr häufig wiederkehren und nur sehr schnell in Vergessenheit zu gerathen pflegen.

Allem diesem gegenüber hat die systematische Wetterforschung und -Vorhersagung einen recht schweren Stand. Angesichts des Ernstes und der geringeren Fafslichkeit der wissenschaftlichen Sprache, welche trotz der sachgemäfsen Unbestimmtheit der fraglichen meteorologischen Vorhersagungen unbedingte Autorität von vorn herein zu beanspruchen scheint, hat man die Neigung, nur das — allerdings noch recht häufig stattfindende — Nichteintreffen ihrer Angaben als das Auffallende und Herausfordernde zu behalten und hervorzuheben, dagegen das Gelingen der Auslegungen und der Vorausbestimmungen der Erscheinungen weniger zu beachten oder zu vergessen. In den populären Mittheilungen zum Königl. Preufsischen Normal-Kalender für 1888 habe ich durch geschichtliche Darlegungen aus dem Bereiche der jetzt so wohl angesehenen astronomischen Voraussagungen diesen Sachverhalt etwas näher erläutert.

Der Aufgabe der vorstehenden Erörterungen wird es etwas fern zu liegen scheinen, wenn ich im Anschlufs an die obigen Darlegungen noch einen Schritt weiter gehe und noch einige Anwendungen von denselben auf das sittliche Urtheilen über menschliche Vorgänge und Einrichtungen mache. Es soll eben nur in aller Kürze darauf hingewiesen werden, dafs auch hier durch die oben erwähnte Vorsicht und Sorgfalt, welche den wissenschaftlichen Urtheilen entstammt, vieles geebnet und manche beruhigende Wirkung edelster Art ausgeübt werden kann. Warum soll nicht auch einmal etwas unmittelbarer von den Fragen der Zeitordnung und der Ordnung unserer Beziehungen zu den Erscheinungen der umgebenden Natur auf solche Fragen der sittlichen Ordnung übergegriffen werden, welche gewisse Gedankenreihen mit jenen Fragen gemeinsam haben.

Aus den in dem Vorhergehenden mehrfach erwähnten Schlufs-

fehlern ist nämlich der Pessimismus der Menschen in sittlichen Dingen entstanden. Wenn man näher erwägt, wie stark alle Eindrücke von Wahrnehmungen abnormer Vorgänge von jeher im Gedächtnifs, sowie in der nachbildenden und vorausgestaltenden Einbildungskraft des Menschen vorgewaltet haben, wie viel vollständiger das Gedächtnifs der meisten Menschen gerade die Eindrücke von Schmerz, Uebel und Unbill jeglicher Art, im Gegensatz zu den Eindrücken geordneter und normaler Vorgänge sowie erfreulicher und wohlthuender Erfahrungen, aufbewahrt und summirt, so kann man sich gar nicht darüber wundern, dafs eine pessimistische Weltanschauung zeitweise in der Menschenwelt überwogen hat und auch jetzt noch eine grofse Anhängerschaft besitzt. Es kommt hinzu, dafs aufserdem über uns Allen die ungeheure Räthselfrage des Endes der „süfsen freundlichen Gewohnheit des Daseins“ mit allen durch die Einbildung gesteigerten Schrecken schwebt. Daher ist es das schönste Zeugnifs für die Menschennatur, dafs trotz alledem in vielen, man kann wohl sagen in der grofsen Mehrheit der Menschen nicht der Pessimismus, nicht der Hafs und die Furcht, sondern die Hoffnungsfreudigkeit, die Liebe und der Lebensmuth vorherrscht, und zwar vielleicht noch reiner und stärker in den einfachsten Seelen, als in den höheren Entwickelungsstufen der Kulturwelt.

Wenn man aber näher zusieht, erkennt man, dafs diese erfreuliche Erscheinung nicht dem Denken der einzelnen Menschen zuzuschreiben ist, denn dieses würde infolge des starken Vorwiegens der oben erörterten Denkfehler in der That das entgegengesetzte Gesamtergebnifs liefern, sondern jenes Heil der Menschenwelt, jene merkwürdige sittliche Gesundheit und Stärke der grofsen Mehrzahl, einschliefslich der bedrücktesten und einfachsten Seelen, beruht auf dem Walten der hohen Mächte der Mitempfindung. Diese und nur diese hat die menschliche Gemeinschaft vor der Barbarei bewahrt, in welche sie immer und immer wieder durch die Häufung der Wirkungen ihrer Denkfehler und die dadurch hervorgerufenen oder wenigstens gesteigerten Leidenschaften zu verfallen in Gefahr war und ist. Die holden Genien der Mitempfindung halfen und helfen immerdar die Uebertreibungen und Verzerrungen beseitigen oder mildern, welche uns ungenaues Denken und Verallgemeinern hinsichtlich unserer Mitmenschen vorspiegelt; jene wohlthätigen Mächte sind es, zusammen mit der fortschreitenden Disziplinirung des Denkens durch wissenschaftliche Arbeit oder durch die verständnifsvolle Theilnahme für dieselbe, welche den Sieg des Guten, d. h. des Einklanges der Menschen

und ihre dadurch gesteigerte Kraft- und Glücksentwickelung verbürgen. Ohne die Mächte der Sympathie und die aus ihnen quellende Frömmigkeit und Schönheit im höchsten Sinne ist es zweifelhaft, ob das Denken, selbst im Verein mit der von demselben geschaffenen Verbesserung der materiellen Lage, dieser Aufgabe gewachsen wäre. Im Bunde mit jenen Mächten darf auch die Wissenschaft an ihren sittigenden Wirkungen nicht verzweifeln, und sie hat die Pflicht dafür Sorge zu tragen, dafs auch diese Wirkungen zugleich mit den blofsen Kenntnissen und Geschicklichkeiten in die weitesten Kreise dringen.

Ihre eigene unmittelbare Wirksamkeit erstreckte sich bisher nicht weit, aber gerade auf diejenigen Schichten der Gesellschaft, in denen ungenaues und daher leidenschaftliches Denken am leichtesten in Konflikt mit der Mitempfindung geräth und diese letztere häufiger unterliegt, während in der grofsen Masse zum Heile des Ganzen die Gesundheit der Menschennatur, nämlich die Kompensation ihrer Denkfehler durch die Mitempfindung, sogar im allgemeinen gesicherter dasteht als bei der zusammengesetzteren Lebensführung der höheren Schichten der menschlichen Gesellschaft.

Dieser Sachverhalt wird häufig von den letzteren verkannt und zwar gerade infolge der gesteigerten Erregbarkeit, in welche dieselben durch die jetzigen Uebergangszustände in Verbindung mit den gespannten wirthschaftlichen Fragen und Zuständen versetzt sind, und durch welche auch die in Rede stehenden Denkfehler wieder eine häufig ins Leidenschaftliche gehende Verbreitung und Schärfung erfahren haben. Die Mitwelt empfängt besonders durch die Tagespresse, wenn man deren Mittheilungen nicht mit gewissenhafter Besinnung und Sichtung aufnimmt, an sich schon ein unrichtiges Bild der wirklichen Vorgänge. Von den gesunden und relativ einfachen mittleren Zuständen, von den gewöhnlichen und normalen Vorgängen, von den mafsvollen und sympathischen Meinungen und Urtheilen der Menschen erfahren wir in der Regel durch die Tagespresse so gut wie nichts, dagegen bringt sie uns weit überwiegend Nachrichten über solche hervortretende Vorgänge aus der Natur und dem Menschenleben, welche das Gewohnte durchbrechen oder welche einen Theil der Verkettung der mächtigeren und umfassenderen politischen oder wirthschaftlichen Kämpfe und Entwickelungen bilden. Fast überall sehen wir im Augenblick nur gewisse Gipfel der Erscheinungen und zwar selten die Ergebnisse von Steigerungen in erfreulichem, wohlthuendem Sinne, viel mehr von Steigerungen im Sinne des Leidens, der Leidenschaft, des Unmafses und der Dissonanz. Man kann der Tagespresse

hieraus keinen Vorwurf machen, denn sie hat der Wahrnehmung des Augenblickes zu dienen, und im Vordergrund solcher Augenblicksbilder stehen gerade jene hervorstechenden Erscheinungen, während das Gute und Mittlere den stillen Hintergrund bildet, welcher den meisten Lesern durch den dramatisch bewegten Vordergrund verdeckt wird.

Zum Vorwurf mufs man es der Tagespresse nur machen, wenn sie nicht blofs Augenblicksbilder giebt, sondern auch sofort weitgehende und verallgemeinernde Augenblicksurtheile daraus ableitet und die so zu sagen „perspektivischen Irrungen", die in ihren Bildern fast unvermeidlich enthalten sind, selber ins Leidenschaftliche steigert, statt durch mafsvolle Wendungen zu der richtigeren und feineren Auslegung der Augenblicksberichte beizutragen.

Zum Vorwurfe mufs man es der Tagespresse übrigens auch machen, wenn sie den Berichten über Verbrechen und Unthaten einen gar zu grofsen Raum gewährt und gar zu viel Gewicht beilegt. Es wäre zwar Thorheit und Unrecht, sich zu leicht dabei zu beruhigen, dafs diese abnormen Vorgänge nur einen gewissen, im allgemeinen im Abnehmen begriffenen Prozentsatz der Bevölkerungen treffen, und dafs man sich deshalb nicht allzusehr um dieselbe zu bekümmern brauche. Diese Vorgänge können keinenfalls mit derselben Gelassenheit betrachtet werden, mit welcher der Naturforscher vereinzelte sehr starke Abweichungen der von ihm beobachteten Erscheinungen von gewissen mittleren, gesetzmäfsigen Beträgen ansieht, weil er nämlich weifs, dafs die ihm noch nicht deutlich bekannten, an sich verhältnifsmäfsig geringfügigen Abweichungen von einem einfacheren gesetzmäfsigen Verlauf sich zwar in einer gewissen Anzahl von Fällen zu ungewöhnlich starken Anomalien summiren, aber dafs diese Summirungen in einer nahezu entsprechenden Anzahl von Fällen auch in der entgegengesetzten Richtung einzutreten pflegen. Und zwar ist diese Ausgleichung um so wahrscheinlicher, je vielartiger und verwickelter die Ursachen jener Abweichungen sind, so dafs man in den Mittelwerthen aus einer gewissen Anzahl von Wahrnehmungen und Messungen doch den normalen Verlauf des Hauptphänomens nahe zutreffend erkennt oder aber die Gesetze der Störungserscheinungen selber mit allmählicher Annäherung zu erfassen vermag. Schon aus dieser Darstellung des naturwissenschaftlichen Verfahrens ersieht man, dafs dasselbe keinenfalls unmittelbare und identische Anwendung auf die Behandlung des sogenannten kriminalistischen Problems finden kann.

Bei den sittlichen und gesellschaftlichen Erscheinungen bildet

die summarische Betrachtung der Thatsachen im grofsen und ganzen, aus welcher gewisse zahlenmäfsige Gesetze hervorzugehen scheinen, erst das letzte und abgeklärteste Stadium ihrer Behandlung, während der Staatsbeamte oder Richter, der Arzt und der Menschenfreund jeden einzelnen Fall, der menschliches Wohl und Wehe trifft, sehr ernst nehmen müssen und sich keinenfalls mit dem Ergebnifs beruhigen dürfen, dafs der mittlere Zustand, aus welchem jene abnormen Vorgänge heraustreten, als ein vergleichsweise befriedigender erwiesen wird. Das heifseste Streben Vieler mufs darauf gerichtet sein, alle Uebelstände dieser Art auf das denkbar geringste Mafs einzuschränken. Nur so wird es allmählich gelingen, die Zahl und Schwere der Nothstände zu vermindern.

Hierzu tragen aber sensationelle und ins Einzelne gehende Berichte der Tagespresse über Vergehungen und Unthaten am allerwenigsten bei. Im Gegentheil kann man sagen, dafs dieselben dazu mitwirken, die krankhaften Dispositionen der Einbildungskraft, welche so häufig in den Versuchungskämpfen den Entscheid in ungünstigem Sinne geben, zu verbreiten und zu steigern, indem sie Begehrlichkeit, Eitelkeit u. s. w. in verhängnifsvoller Weise erregen helfen.

Das Beste wird aber auf dem Gebiete heilender und läuternder Einwirkungen neben dem edleren Theile der Tagespresse, welcher trotz seiner höchst ungünstigen Arbeitsbedingungen bemüht ist, die üblen Wirkungen seiner Augenblicksbilder sofort zu mildern, die wissenschaftliche und im höchsten Sinne die schöne Litteratur thun müssen, indem sie die Seelen, ohne sie gegen das Elend gleichgültig zu machen, darüber erhebt und ihnen durch freien Ausblick auf das Ganze und Grofse Stärke und Freudigkeit verleiht. Das traurigste aber ist es, wenn auch die schöne Litteratur in mifsverständlichem Radikalismus oder gar in raffinirter Spekulation auf finanziellen Erfolg die abnormen, die krankhaften, die erbitternden Vorgänge dem Publikum als die eigentliche Wahrheit auftischt.

Erschütterndes grausiges Schicksal, Verhängnifs und Schuld im Gebiete der Götter- und Heroen-Sage oder auch im Gebiete grofser geschichtlicher Vorgänge auf den Höhen epochemachender sittlicher oder geistiger Kämpfe der Vergangenheit, das sind erhebende, reinigende, in das Gebiet des Idealen aus der Enge des Einzeldaseins entrückende Gegenstände der Erzählung und der Dichtung.

Gesteigerte Darstellungen der widerwärtigsten Spannungen, der ekelsten Leiden, der häfslichsten Konflikte, mitten aus unserem gewöhnlichen Leben entnommen, werden dagegen, selbst wenn hohe

dichterische Kraft sich an ihnen versucht, stets überwiegend in ungünstigem Sinne auf menschliche Kultur wirken; denn wenn sie auch mit photographischer Treue vereinzelten, vielleicht sogar zahlreichen Beobachtungen und Berichten über wirkliche Vorgänge entnommen sind, ist es doch klar, dafs diese Art von Nachbildung niemals dichterisch ist, weil sie nicht die wesentliche, die tiefere Wahrheit der Dinge und Erscheinungen wiedergiebt, die wir alle um uns herum in diesem gewöhnlichen Leben viel sicherer und zutreffender erkennen. Und wie sich die realistische Dichtung auch anstrengt und ereifert, sittliche und gesellschaftliche Uebel und Krankheiten genau und erschöpfend zu erfassen und darzustellen, so kann ihr dies doch nimmermehr in dem begrenzten Rahmen ihrer Gebilde gelingen. Dies kann nur der wissenschaftlichen, der streng logischen und mit allen Untersuchungs- und Beweismitteln und -Gründen ausgerüsteten Forschung und Lehrdarstellung gelingen, und diese tröstet durch ihren Ernst und durch das Vertrauen, welches die heilende Sorgfalt ihres Auftretens einflöfst, über das Weh, das ihre schonungslose Aufdeckung des Elends den Seelen bereitet, während von solcher edlen Wirkung bei den pfuscherisch ungleichmäfsigen und unzureichenden Schöpfungen der „realistischen" Einbildungskraft auf diesen Gebieten keine Spur vorhanden ist.

Es wird recht wichtig sein, dafs gröfsere Kreise der Menschen sich mit Erwägungen obiger Art beschäftigen und entsprechend zu urtheilen und zu handeln beginnen.

Die Augen offen halten für alle, selbst die unerwünschtesten Erscheinungen, allem Wirklichen muthig ins Gesicht blicken, aber sich die Ruhe und Stärke der Seele, deren wir zu energischem und liebevollem Wirken gegen die Uebel der Welt so sehr benöthigt sind, nicht durch die Gespensterseherei verzerrender Einbildungskraft und nicht durch die Unterordnung unter elementare Denkfehler (deren Einwirkung übrigens sofort an der Leidenschaftlichkeit des Ausdruckes erkannt wird) verkümmern lassen, das ist Menschenpflicht.





Das Observatorium zu Catania und die Station auf dem Aetna.[1]

Von Professor A. Riccò,
Direktor dieser Observatorien.
Nach dem italienischen Original übersetzt von P. Spies.

Im Jahre 1876, bei Gelegenheit der feierlichen Ueberführung der Ueberreste Bellinis nach seiner Geburtsstadt Catania, machte Prof. Tacchini der Accademia Gioenia den Vorschlag, den grofsen Tonkünstler durch ein eigenartiges Denkmal zu ehren, nämlich durch ein Observatorium auf dem Gipfel des gröfsten europäischen Vulkans. Der Vorschlag fand Beifall und es bildete sich aus Vertretern der Stadt sowie der Provinz und des Staates ein Ausschufs, um die Mittel für die Erbauung des Observatoriums, den Ankauf der Instrumente, die Besoldung der Beamten u. s. w. zu beschaffen.

Nachdem jedoch im Jahre 1881 das Observatorium gebaut war, stellte sich bald die Unmöglichkeit eines dauernden Aufenthalts auf dem Aetna heraus, und im Jahre 1883 beschlofs man den Bau eines zweiten Observatoriums in Catania und den Erwerb einer Montirung, die mit derjenigen des Refraktors auf dem Aetna übereinstimme; es sollten in Catania fortgesetzte Beobachtungen gemacht werden und die

[1]) Da der letzte Ausbruch des Aetna ohne Zweifel allen Lesern noch in lebhaftester Erinnerung steht, dürfte die folgende Beschreibung der neuen astrophysikalischen und geophysikalischen Warte zu Catania und ihrer Zweigstätte auf dem Aetna besonders willkommen sein. Wir hoffen, binnen kurzem aus der Feder desselben Verfassers einen wissenschaftlichen Bericht über den Ausbruch vom Juli bringen zu können und vor allem über etwaige wissenschaftliche Ergebnisse der von Catania ausgesandten Expedition Mittheilungen zu machen. — Das zu vorliegendem Aufsatze vom Direktor des Instituts zur Verfügung gestellte Material hat die Redaktion in ziemlich wortgetreuer Uebersetzung bringen zu sollen geglaubt; nur auf eine Thatsache, welche aus der sachlichen und schlichten Darstellung nicht erhellt, sei besonders hingewiesen, nämlich auf den hervorragenden Antheil, welchen Herr Prof. Riccò selbst an der Einrichtungsarbeit hat. Seiner energischen und umsichtigen Leitung ist es hauptsächlich zu verdanken, dass das Institut so trefflich ausgerüstet dasteht, wie es hier geschildert wird. Die Red.

Beobachtungen des Aetnaobservatoriums sollten hier ihre Vorbereitung und Bearbeitung finden. Ein einziges Objektiv würde für beide Refraktoren dienen, natürlich in der Weise, dass es in der Regel an dem Instrumente in der Stadt verbliebe und nur zum Gebrauche mit auf den Aetna genommen und an dem dortigen Rohre befestigt würde. Hierdurch würde man, aufser einer bedeutenden Ersparnifs, auch einen gröfseren Schutz für diesen wichtigsten Theil der Ausrüstung erreichen; denn es würde sich nicht empfehlen, denselben im Winter während einer langen Zeit ungünstigen Witterungseinflüssen und den etwa von Seiten des Vulkans drohenden Gefahren auszusetzen, ganz abgesehen davon, dafs auch Unberufene möglicherweise einen Schaden anrichten könnten.

Als Prof. Tacchini im Jahre 1876 der Königl. Academie dei Lincei in Rom einige Himmelsphotographieen vorlegte, bezeichnete er das Observatorium von Catania wegen seiner südlichen Lage und seines trefflichen Klimas als besonders geeignet für eine Betheiligung an der internationalen Himmelsaufnahme. Der Gedanke fand den Beifall der Regierung und infolge dessen wurde das photographische Instrument bestellt; ein besonderes kleines Gebäude für dasselbe wurde in dem an das Observatorium grenzenden Garten erbaut, welchen die städtische Verwaltung zur Verfügung stellte.

Da sich somit das Observatorium von Catania und dasjenige auf dem Aetna in besonders günstigen Bedingungen für astrophysikalische Studien befinden, wurde im November 1890 an der Universität von Catania ein Lehrstuhl für Astrophysik geschaffen, und der Direktor des Observatoriums wurde gleichzeitig zu dieser Stelle berufen.

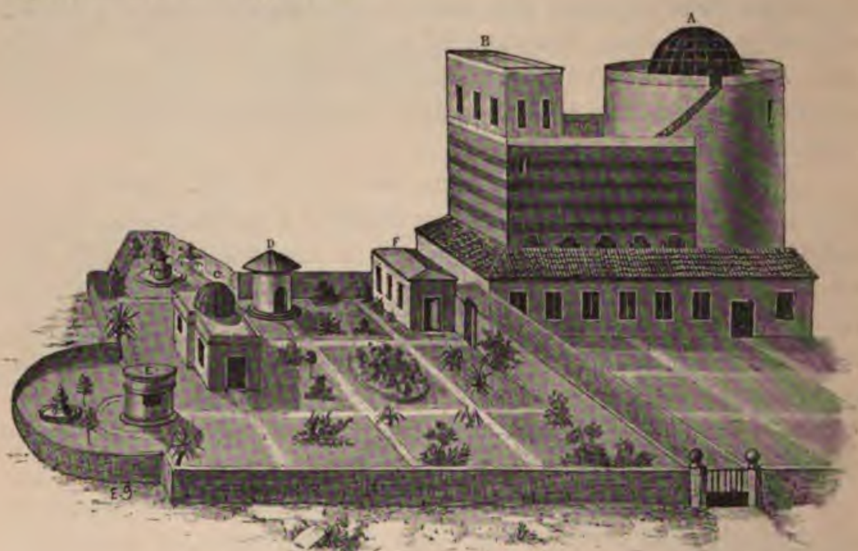
Von diesem Zeitpunkte an datiren die Arbeiten für die Aufstellung der Instrumente und die Organisation der verschiedenen Arbeiten des Instituts.

Räumlichkeiten.

Das Observatorium besteht aus verschiedenen Gebäuden, welche an getrennten Orten stehen und auch speziellen Zwecken dienen.

Das astrophysikalische Observatorium in der Stadt liegt an dem westlichsten und gleichzeitig höchsten Punkte derselben, ungefähr 50 Meter über dem Meere. Das oben erwähnte städtische Terrain nordwestlich des Instituts ist ungefähr 7000 Quadratmeter grofs und auf ihm stehen die verschiedenen Nebengebäude. Auf der Ostseite des Hauptgebäudes (vgl. die umseitige Figur) befindet sich der Eingang zu dem in gröfsen Kellerräumen gelegenen geodynamischen

Observatorium. Den dritten Haupttheil bildet das erwähnte photographische Observatorium im Garten. Im Erdgeschoss des Hauptgebäudes sind Werkstätten und Dienerwohnungen, im ersten Stockwerk befinden sich die Privaträume des Direktors, im zweiten sind die Arbeitszimmer, und im dritten Stockwerk des sehr stark gebauten Hauses treffen wir die grofse Kuppel des Refraktors und die meteorologischen Beobachtungsräume.



Das astrophysikalische Observatorium in Catania.

A. Astronomisches Observatorium.
B. Meteorologisches "
C. Photographisches "
D. Passageninstrument.
E. Sternspectrographisches Observatorium.
F. Custodenwohnung.

Die Kuppel hat am Boden einen Durchmesser von 12 Metern, das drehbare eiserne Dach, die eigentliche Kuppel, einen solchen von 8 Metern. Die Drehung läfst sich mit Hülfe von zwei an gegenüberliegenden Punkten angebrachten Flaschenzügen leicht bewerkstelligen.

Der grofse Refraktor hat ein ausgezeichnetes Objektiv von 35 cm Oeffnung, welches ebenso wie die Okulare und das Rohr aus der Werkstätte von Merz hervorgegangen ist. Das freundliche Entgegenkommen dieses Optikers, der das Instrument zu einem bedeutend ermäfsigten Preis lieferte, hat nicht wenig dazu beigetragen, die Errichtung des Observatoriums zu ermöglichen. Die äquatoreale Montirung rührt von dem Mechaniker der Sternwarte in Padua, Herrn Cavignato her. Die Ablesung der Kreise erfolgt vom Okular aus mit Hülfe von Fernrohren und für die Rectascension aufserdem unmittelbar. Am

Okularträger läfst sich ferner auch eine Vorrichtung zur Projektion und Zeichnung der Sonne — das Bild hat bei der meist benutzten Vergröfserung einen Durchmesser von 57 cm — anbringen. Ein getheilter Kreis ermöglicht die Ortsbestimmung von Sonnenflecken.

Ferner läfst sich hier ein Spektroskop mit einem Rutherfurdschen Beugungsgitter befestigen, welches vornehmlich zur Beobachtung von Sonnenprotuberanzen dient.

In demselben Raume ist ein Chronograph angebracht, welcher durch eine elektrische Leitung mit einer astronomischen Uhr verbunden ist; diese giebt Sternzeit an, während ein ebenfalls in diesem Raume befindlicher Chronometer die mittlere Sonnenzeit zeigt.

In demselben Stockwerk befindet sich das

Meteorologische Observatorium,

welches aus einer getrennt liegenden Gruppe von vier Räumen besteht. Das eigentliche Beobachtungszimmer hat eine Plattform, auf der folgende Instrumente angebracht sind: Thermometer, Barometer, Aspirationspsychrometer, ferner ein Vaporimeter (zur Messung der an einer freien Wasseroberfläche verdampfenden Wassermenge) sowie eine Reihe von Registrirapparaten für den Wind (nach Brassart), die Temperatur, den Druck und die Feuchtigkeit der Luft (nach Richard); auf der anstofsenden Plattform befinden sich das Sammelbecken des Regenmessers und ein Porzellangefäfs zum Aufsaugen von Staubtheilen meteorischen oder vulkanischen Ursprungs. In einem der übrigen Zimmer, welches rothe Fenster hat, steht ein Mascartsches Elektrometer; der Gang der atmosphärischen Elektrizität wird auf photographischem Wege registrirt. Als Kollektor dient ein Wasserstrahl, welcher aus einem gut isolirten Bassin dauernd unterhalten wird.

Das Geodynamische Observatorium.

Der gröfste Theil der Instrumente[2]) steht in einem weiten unterirdischen Raume auf einem grofsen gemauerten Pfeiler, welcher die

[2]) Eine kurze Beschreibung einiger Instrumente, durch welche ein Erdbeben angezeigt (Seismoskope) oder seine Dauer, Stärke und Richtung gemessen wird (Seismographen) sei hier vorausgeschickt. Zumeist benutzt man Körper, welche annähernd im labilen Gleichgewichte aufgestellt sind und deshalb durch einen Erdstofs zum Umfallen gebracht werden. Eins der Brassartschen Instrumente sieht ungefähr aus wie ein halb aufgespannter Regenschirm mit langer, dünner Stange. Beide Theile bestehen aus Metall, sind aber nicht leitend verbunden; die Oeffnung des Schirmes ist nach oben gewendet, und auf der Spitze der Stange liegt ein Metallblättchen, welches bei der geringsten Erschütterung herabfällt und zwischen Schirm und Stange Kontakt

Form eines abgestumpften Kegels und die Gröfse von 35 Kubikmetern hat. Hier stehen zwei Seismographen Brassartschen Systems. Beide geben die drei auf einander senkrechten Komponenten eines Stofses an. Die Registrirvorrichtung des einen ist fortwährend in Thätigkeit; eine Uhr mit elektrischem Kontakt schreibt die Zeiten auf. Der andere Apparat wird ausgelöst und tritt in Funktion, sobald durch einen Erdstofs einer der 8 Seismoskopen verschiedenen Systems, welche auf demselben Pfeiler stehen, erschüttert wird und Kontakt giebt. Endlich ist hier noch eine Wasserwaage aufgestellt, um langsame Verschiebungen des Bodens zu messen, sowie ein Quecksilberhorizont zur Konstatirung kleiner Bodenerschütterungen.

In einem der anstofsenden Räume steht der Seismograph von Cecchi, welcher die drei Komponenten einer Erschütterung auf einem mit berufstem Papier bedeckten Cylinder aufschreibt; das Triebwerk und das Uhrwerk desselben wird durch ein Echappement von aufserordentlicher Empfindlichkeit ausgelöst.

---

herstellt. Hierdurch wird eine elektrische Glocke in Thätigkeit gesetzt, und aufserdem giebt die Lage des Blättchens im Schirm auch einen — allerdings unsicheren — Anhalt für die Richtung, aus welcher der Stofs kam. — Noch einfacher und vielleicht sicherer arbeitet ein anderer Apparat, bei welchem ein Metallstab auf sehr kleiner Basis steht und ebenfalls bei geringer Erschütterung umfällt. Mallet stellt eine Reihe derartiger Cylinder auf, deren Stabilität sich abstuft und gewinnt so aus der Anzahl der umgefallenen Stäbe ein Urtheil über die Stärke des Erdstofses. Auch ein solcher Apparat kann mit einer Signalglocke verbunden werden. Zur Beurtheilung von Stöfsen, welche senkrechte Richtung haben, dienen Gewichte, welche an Spiralfedern hängen. Bei einem dieser Seismoskope ist an dem Gewichte ein Stift angebracht, welcher — ähnlich wie bei der bekannten Rogetschen Spirale — dicht über einer Quecksilberfläche steht und bei einer Erschütterung einen Kontakt vermittelt. Ein ziemlich alter, aber auch neuerdings häufig mit Erfolg angewandter Apparat benutzt das Quecksilbergefäfs selbst. Eine Schale, welche von einem Kranze kleinerer Becher umgeben ist, wird soweit gefüllt, dafs bei einer Erschütterung Quecksilber ausfliefst, oder auch wohl die labil aufgestellte Schale selbst umstürzt. Derjenige Becher, welcher am meisten Quecksilber enthält, zeigt die Richtung an, aus der der Stofs kam. Die vollkommeneren Seismographen, welche die drei Komponenten des Erdstofses aufschreiben, benutzen (nach Brassart) einen Pendel mit ringförmigem Gewicht; diese Form ermöglicht es, in der Nähe des Schwerpunktes einen senkrechten Stift anzubringen, welcher in zwei horizontalen aber zu einander rechtwinkeligen Schlitzen gleitet; jeder dieser letzteren ist in den kürzeren Arm eines feinen Hebels eingeschnitten; die längeren Arme werden so gebogen, dass ihre mit einer feinen Spitze versehenen Enden nebeneinander stehen und die horizontalen Komponenten auf einer berufsten Platte aufzeichnen. Die vertikale Komponente läfst sich — allerdings in einem nicht ohne weiteres vergleichbaren Mafsstabe — ebenfalls erzielen, wenn, wie bei dem obigen Seismoskop in die Aufhängungsschnur des Pendels eine Spiralfeder eingeschaltet ist.

Eine andere geodynamische Wirkung wird mittelst des Puteometers gemessen. Ein Schwimmer, welcher augenblicklich noch der Registrirvorrichtung ermangelt, giebt den Wasserstand eines Brunnens an. Es ist dabei weniger auf die von der Regenmenge abhängigen Schwankungen abgesehen, als auf die plötzlichen Aenderungen des Grundwasserstandes, welche als Begleiterscheinungen von Ausbrüchen oder Erdbeben nicht selten aufzutreten pflegen. Stand und Temperatur des Wassers werden aufserdem in jeder Woche einmal durch eine unmittelbare Messung konstatirt.

Wir wenden uns nun zu den Pendelseismographen, welche sämtlich darauf beruhen, Bodenerschütterungen an den Bewegungen der Gewichte frei hängender Pendel zu erkennen.

Die Pendellängen (25, 81, 169, 256 u. a. m. Centimeter) sind so gewählt, dafs die Schwingungszeiten nicht in einem einfachen Zahlenverhältnifs stehen, damit Schwingungen des Erdbodens von beliebiger Periode verzeichnet werden. Die Pendel hängen theils an den Wänden, theils an Säulen aus starkem aber leichtem Material, welche unmittelbar auf der alten Lava stehen.

Die Beobachtung ist bei einem Theile dieser Instrumente eine unmittelbare. An der Unterseite der Kugel des Pendels ist eine feine Spitze angebracht; diese schwingt über der einen Kathetenfläche eines total reflektirenden Prismas, so dafs man mit Hülfe eines vor der anderen Fläche stehenden Mikroskops die feinsten Bewegungen sehen und an einer eingelegten Glasskala auch ihre Gröfse und Richtung bestimmen kann. Bei anderen Pendeln findet eine Registrirung der Schwingungen auf einer berufsten Glasplatte statt. Das Auswechseln dieser Platten erfolgt mit Hülfe einer elektrischen Vorrichtung in solcher Weise, dass eine Erschütterung der Pendel vermieden wird.

Eine dritte Beobachtungsmethode ist die mikrophonische (nach Mugna). Der Faden des Pendels besteht aus Metall, das Gewicht wird durch ein Stück Kohle gebildet, welches ein anderes, fest angebrachtes Kohlestück leicht berührt. Dieser bewegliche Kontakt wird in bekannter Weise mit einem Telephon und einer Batterie verbunden. Nicht allein gröfsere Erdstöfse, sondern auch die unterirdischen Geräusche geben im Telephon ihre charakteristischen Töne. Dafs die Pendel gegen Luftzug durch eine Umhüllung gesichert sind, braucht wohl nicht besonders erwähnt zu werden. Diese Pendeltromometer sind übrigens so empfindlich, dafs sie bei stürmischem Wetter die Bodenerschütterungen, welche der Strand von Catania durch die anprallenden Wogen erfährt, nachzuweisen gestatten.

Das photographische Observatorium.

Dasselbe liegt, wie erwähnt, im Garten des Instituts und besteht aus einem gröfseren und zwei kleineren Gebäuden. Das erstere enthält in einer Kuppel von 6 m Durchmesser das zu Sternphotographieen bestimmte Instrument. Die Montirung, welche von dem Mailänder Ingenieur Solmoiraghi ausgeführt ist, entspricht dem älteren englischen Typus. In der Mitte einer sehr langen Polaraxe ist die Deklinationsaxe angebracht, welche auf der einen Seite das Instrument, auf der anderen die Gegengewichte trägt. Das Fernrohr besteht aus einer parallelepipedischen Camera, welche auch das Objektiv und das Okularmikrometer des Suchers trägt. Dieser Letztere hat also ziemlich dieselbe Länge wie das Instrument, nämlich drei Meter. Das Objektiv, aus den Steinheilschen Werkstätten bezogen, hat eine Oeffnung von 35 cm. Nach Vergleichen, welche Herr Prof. Vogel in Potsdam anzustellen die Güte hatte, kommt der Linse dieselbe Leistungsfähigkeit zu wie derjenigen des Potsdamer Instrumentes.

Zum Zwecke von Kometenaufnahmen ist noch ein zweites Doppelobjektiv von Voigtländer (Oeffnung 5,5 cm) vorhanden.

In dem kleineren Gebäude, welches eine drehbare Kuppel hat, steht ein Aequatoreal von Cooke mit einem sog. Dialyt, dessen Oeffnung 11 cm beträgt. Da hier hauptsächlich Sternspektren aufgenommen werden sollen, ist am Okularende des Instrumentes ein Spektrograph mit stark zerstreuendem Prismensystem angebracht.

Das dritte kleine Gebäude wird ein kleines Passagen-Instrument erhalten, welches schon von dem Ministerium dem Observatorium zugesichert ist.

Das vierte Gebäude dient als Kustodenwohnung. Nebenräume sind für die Aufbewahrung und Behandlung des photographischen Materials eingerichtet.

In dem Garten werden übrigens auch thermometrische Beobachtungen angestellt, speziell solche an Erdthermometern, welche in verschiedenen Tiefen eingesenkt sind.

Das Observatorium auf dem Aetna.

Dasselbe ist erbaut an der Stelle einer alten Unterkunftshütte am Fufse des Centralkraters, welche unter dem Namen Casa degli Inglesi bekannt sein dürfte. Die Entfernung von der Sternwarte in Catania beträgt in Luftlinie 30 km, sodafs man das Observatorium mit blofsem Auge nur schwer, wohl aber mittelst der Fernrohre sehen kann. Die Erhebung über den Meeresspiegel beträgt 2942 m. Das Gebäude be-

steht aus einem Rundbau von 8 m innerem Durchmesser, welcher mit einer starken drehbaren Eisenkuppel versehen ist, und sieben Nebenräumen zum Aufenthalt und Studium. Dazu kommen noch drei öffentliche Unterkunftsräume, sowie Küche, Stallung etc. Auf einem aus Lavastücken erbauten Pfeiler, welcher das untere Stockwerk durchsetzt, ruht das Aequatoreal, in Gröfse und Konstruktion mit demjenigen von Catania übereinstimmend.

Auch ein Spektroskop, in welches das oben erwähnte Beugungsgitter pafst, läfst sich an dem Instrumente anbringen. Von den übrigen Instrumenten, mit denen das Observatorium ausgerüstet ist, heben wir hervor: Einen Hugginsschen Reflektor für photographische Aufnahmen der Sonnenkorona. In dem Brennpunkte des Hohlspiegels, vor dem Momentverschlufs befindet sich eine undurchsichtige schwarze Scheibe, auf die man das Sonnenbild projizirt, sodafs dasselbe die photographische Platte nicht erreicht, während die leuchtenden Strahlen der Sonnenumgebung ungehindert vorbeigehen. Unter dem reinen Himmel Catanias und auf dem Aetna läfst sich eher als anderswo hoffen, dafs das zerstreute Licht der Atmosphäre die Aufnahme der Sonnenkorona nicht unmöglich mache.

Ferner ist noch zu erwähnen ein Browningsches Telespektroskop, mittelst dessen die Flamme des Aetna studirt werden soll. Die Objektivlinse von 12 cm Durchmesser entwirft auf dem Spalt des Instrumentes ein sehr lichtstarkes Bild der Flamme, deren Spektrum durch ein geradsichtiges Prisma beobachtet wird. Zur bequemen Herstellung von Vergleichspektren sind ein Rhumkorffscher Apparat mit Geifslerröhren, sowie Metallsalze, absorbirende Substanzen etc. vorhanden.

Damit die meteorologischen Eigenthümlichkeiten des Aetna nicht unberücksichtigt bleiben, ist aufser den kleineren meteorologischen Apparaten ein Richardscher Registrirapparat für Luftdruck und Temperatur aufgestellt, welcher, einmal aufgezogen, vierzig Tage lang läuft. Auch einige Seismographen sind hier aufgestellt.

Der Weg von Catania nach dem Observatorium führt zunächst per Wagen nach dem 18 km entfernten Nicolosi.[3]) Von hier gelangt man zur Sommerszeit, wenn kein Schnee liegt, in sechs Stunden

[3]) Von Nicolosi, einem der bekannteren und gröfseren unter den zahlreichen Städtchen, welche den Aetna umkränzen, gehen die meisten Besteigungen des Berges aus. Bei früheren Ausbrüchen sowohl als bei dem diesjährigen war die Stadt durch Lavaströme stark bedroht.

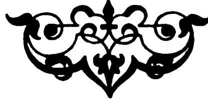
zu Pferde nach dem Observatorium. Auf halbem Wege liegt noch ein Unterkunftsgebäude, welches ebenfalls mehrere Arbeitsräume enthält.

Das Personal des Observatoriums besteht aus den Herren:

Direktor Prof. A. Riccò,
Assistent für Astrophysik Dr. C. Del-Lungo,
„ „ Geodynamik Ingenieur S. Arcidiacono,
„ „ Photographie Prof. Consiglio.

Dazu kommen ein Mechaniker, der Kustos des Aetna-Observatoriums und drei Diener.

Von regelmäſsigen Arbeiten des Instituts sind augenblicklich nur zu erwähnen täglich stattfindende Beobachtungen und Messungen von Sonnenflecken und Protuberanzen, sowie seismische und meteorologische Ablesungen, welche alle drei Stunden stattfinden.





Die Erscheinungen der Jupitertrabanten.

Von Dr. **Heinrich Samter** in Berlin.

Kaum giebt es ein Wort, das schlagender den Unterschied zwischen alter und moderner Naturauffassung wiedergiebt, als das Wort Entwickelung. Die Wissenschaft früherer Zeit nahm die Dinge, wie sie sind, beschrieb sie nach den verschiedenen Standpunkten mehr oder weniger genau und untersuchte schliefslich allenfalls, wie dieselben aus der Natur einer höheren oder höchsten Wesenheit sich ableiten lassen. Aber diese Ableitung betraf keineswegs die Entstehung, das Werden und Wachsen der Dinge, sondern es wurde nur untersucht, ob ihr Dasein sich aus den willkürlich angenommenen Prinzipien in ähnlicher Weise folgern lasse, wie der mathematische Lehrsatz aus seinen Voraussetzungen. Schwer und nur allmählich hat sich die Wissenschaft von der Annahme solcher höheren Ideen befreit, und die Reste der alten Eischale, die sie noch gefangen hielt, sind erst in den letzten Jahrzehnten abgeworfen worden. Erst nachdem man aus der Physiologie die Lebenskraft, aus der Geologie die Katastrophen erzeugende Hand des Schöpfers verwiesen hatte, konnten diese Wissenschaften die mächtige Entfaltung erreichen, die ihnen heute eignen; die Untersuchung, aus welchen Ursachen die Dinge sich gerade so und nicht anders entwickeln, ist an die Stelle der müfsigen Spekulationen von früher getreten, und die einzelnen Naturwissenschaften, wie wenig Vereinigungspunkte sie sonst zu haben scheinen, sind heute auf dieselbe Methode gegründet.

Deshalb kann es auch nicht mehr lächerlich erscheinen, die Entwickelung eines organischen Wesens mit derjenigen des unorganischen Naturkörpers zu vergleichen. Ein Blick auf jenen Vorgang kann für die Betrachtung dieses förderlich sein und umgekehrt. Man hat sich in der Wissenschaft des Organischen daran gewöhnt, die Entstehung und die Lebensweise der Arten als ein Produkt einer grofsen Anzahl von Faktoren anzusehen. Jede Art entwickelte sich so, wie es sowohl

eine gewisse innere Anlage, die sich von Geschlecht zu Geschlecht vererbte, als auch daneben — aber mindestens gleichwerthig damit — die verschiedenen Einflüsse der Umgebung nothwendig machten.

Sehen wir uns z. B. das System der drei Körper Sonne, Erde und Mond an. Allen eignen infolge einer Gemeinsamkeit des Ursprungs dieselben Urstoffe. Aber die Sonne hat, durch ihre gewaltige Gröfse vor dem schnellen Altern geschützt, sich eine Höhe der Gluth erhalten, die in irdischen Laboratorien nicht nachahmbar ist, sie besitzt in ihrer Lichthülle diejenigen Materialien in vergaster Form, welche das Gerüst der starren Erdveste bilden. Die Erde, schneller gealtert als die Tageskönigin, birgt zwar in ihrem Innern noch die letzten Reste verhaltener Gluth, aber ihre Oberfläche nehmen die riesigen Zusammenhänge des Landes und des Wassers ein, während darüber die Atmosphäre sich ausbreitet, die von geringen Beimengungen abgesehen, aus nur zwei permanenten Gasen sich aufbaut. Der Mond schliefslich mufste wegen seiner Kleinheit eine im Verhältnifs zur Länge kosmischer Zeitalter fast plötzlich zu nennende „Vergreisung" aufweisen, die seiner Oberfläche jenes schwammartige Aussehen verlieh und ihn des Besitzes einer ausreichenden schützenden Hülle beraubte, von der nur geringe Ueberbleibsel der Aufsaugung in das feste Mondgestein widerstanden. Von allen drei Weltkörpern ist die Erde allein heute befähigt, organischen Wesen eine wohnliche Stätte zu bieten, und sie allein mufs sich demnach auch jene Aenderungen gefallen lassen, welche die Organismen in dem Antlitze des Planeten hervorbringen. Wäre ihre Entfernung vom Tagesgestirn, wäre ihre ursprüngliche Gröfse eine wesentlich andere, so müfste mindestens in unseren Tagen der Bestand des Organischen auf Erden in hohem Grade gefährdet erscheinen.

Vergleichen wir hiermit das System, welches sich aus dem Tagesgestirn, dem Planeten Jupiter und seinen Trabanten zusammensetzt. Die letzten Forschungen über diesen Planeten machen es sehr wahrscheinlich, dafs seine Oberfläche noch nicht die konstante Beschaffenheit des Erd-Antlitzes erlangt hat, sondern sich noch in jenem teigigen oder plastischen Zustande befindet, durch den wohl alle starren Himmelskörper einmal hindurchgegangen sind.[1]) Trotzdem er sich in fünfmal gröfserer Entfernung von der Sonne befindet und ceteris paribus seine Oberfläche nur den 27. Theil derjenigen Wärme erhält, welche ein gleich grofser Theil der Erdkruste von der Sonne empfängt,

[1]) Vgl. H. u. E. Bd. IV. S. 328.

und obgleich man auch nicht annehmen darf, dafs er jüngeren Ursprungs als die Erde sei, hat er infolge seiner grofsen Masse, die ihn nicht so schnell erkalten liefs, sich die Geschmeidigkeit eines jungen Himmelskörpers bewahrt. Denn diese Masse ist 300-mal so grofs als diejenige der Erde und sein Durchmesser beträgt das 11-fache der Erdachse. Wie ganz anders müssen die Zustände der Trabanten eines solchen Körpers sich gestalten als diejenigen des Erdmondes!

Diese Sternchen sind bekanntlich auch die ersten, welche die Erfindung des Fernrohrs im Jahre 1609 ins wissenschaftliche Dasein rief. Zwar sind sie keineswegs so klein, dafs sie nicht auch ohne die Bewaffnung des Auges gesehen werden könnten, aber der Glanz des mächtigen Nachbars überstrahlt sie so, dafs es nur wenigen sehr scharfen Augen bisher gelang, sie neben diesem zu erblicken. Der Durchmesser des zweiten ist nur wenig kleiner als der des Erdmonds, derjenige des ersten übertrifft diesen um ein Sechstel, der vierte ist um zwei Fünftel stärker und der Durchmesser des dritten und gröfsten übertrifft schliefslich die Mondachse um zwei Drittel. So würde die Gröfse dieser Himmelskörper keinen wesentlichen Unterschied vom Erdmonde erschliefsen lassen. Aber sie sind in die Nähe des gewaltigsten der Planeten gestellt, der nach allen Forschungen wohl auch der heifseste von allen zu sein scheint. Dabei ist ihre Entfernung von der Oberfläche des Hauptkörpers gering genug, um die Möglichkeit einer kräftigen Erwärmung durch diesen von den Tagen ihrer Entstehung an bis heute zu gewährleisten. Diese Entfernung beträgt für den ersten Trabanten kaum mehr als zwei Drittel des Halbmessers der Mondbahn, für den vierten das Vierundeinhalbfache dieses Mafses. Von der Erwärmung durch den Hauptkörper aber hängt sehr wesentlich die Beschaffenheit der Oberfläche dieser Körperchen ab, und so ist von vornherein der Schlufs berechtigt, dafs dieselbe anders gestaltet sein wird, als die unseres Erdmondes. Nun hat das Fernrohr erst in letzter Zeit einen Einblick in die Oberflächengestaltung der Trabanten gestattet. Wir mufsten auf den Bau des Riesenfernrohrs auf dem Hamiltonberge warten, bis wir wenigstens über den dritten, den gröfsten jener Zwerge, eine einigermafsen sichere Auskunft erhielten. Wie schwierig die Aufgabe ist, Details auf ihnen zu erblicken, mag daraus hervorgehen, dafs der ganze Körper von der Erde aus gesehen bei günstigsten Verhältnissen erst unter einem Winkel von zwei Sekunden erscheint, was der scheinbaren Gröfse eines mittelgrofsen Menschen in 150 km Entfernung entspricht. Aber die Vergröfserungen, die sich anwenden lassen, erlauben nicht einmal, diese Himmelskörper uns bis

zur Entfernung des Erdmondes zu nähern, und geben auch nicht entfernt diejenige Schärfe der Details, die dieser bereits dem unbewaffneten Auge zeigt. Was man da gefunden hat, zeigt nun in der

1



$\lambda = 17°$ Oct. $23^d 6^h 0^m$ W. W. C.

2



$\lambda = 23°$ Oct. $23^d 7^h 30^m$ J. M. S.

3



$\lambda = 25°$ Sept. $3^d 10^h 5^m$ W. W. C.

4



$\lambda = 25°$ Oct. $23^d 9^h 20^m$ W. W. C.

5



$\lambda = 26°$ Sept. $3^d 10^h 10^m$ J. M. S.

6



$\lambda = 68°$ Oct. $24^d 5^h 55^m$ W. W. C.

7



$\lambda = 77°$ Oct. $17^d 6^h 45^m$ W. W. C.

8



$\lambda = 83°$ Oct. $17^d 9^h 45^m$ W. W. C.

9



$\lambda = 104°$ Sept. $26^d 9^h 25^m$ W. W. C.

10



$\lambda = 129°$ Oct. $18^d 7^h 30^m$ W. W. C.

11



$\lambda = 129°$ Sept. $5^d 10^h 35^m$ W. W. C.



$\lambda = 131°$ Sept. $5^d 11^h 20^m$ J. M. S.

Zeichnungen des dritten Jupitertrabanten nach Schaeberle (J. M. S.) und Campbell (W. W. C.)

That, wie auch die beifolgenden Abbildungen erkennen lassen, nicht die geringste Aehnlichkeit mit der Oberflächenbildung unseres Mondes, sondern allenfalls eine solche mit der des Hauptplaneten. Hier und

dort sind Streifen über die Scheibe gezogen, die freilich beim Jupiter mehr der Richtung des Aequators folgen, als es bei den Trabanten der Fall zu sein scheint. Soviel schien aus den äufserst schwierigen Beobachtungen hervorzugehen, dafs der Trabant dem Hauptkörper stets dieselbe Seite zuwendet; dies hätte sich allerdings auch sonst erschliefsen lassen. Wenn es den Fluthwirkungen der Erde gelang, ihrem Begleiter im Verlaufe kosmischer Zeitepochen, da er selbst noch nicht bis zur Starrheit gealtert war, dieselbe Periode als Umdrehungszeit aufzuprägen, in welcher er auch seinen Umlauf um die Erde vollendet, wenn ferner durch die Beobachtungen Schiaparellis feststeht, dafs dasselbe unter weit ungünstigeren Bedingungen sogar der Sonne mit ihrem nächsten Nachbar, dem Merkur, gelang, so lag dieser Schlufs offenbar im Bereiche erlaubter Analogien.

Für eine andere Sonderbarkeit aber, die sich freilich nur für den ersten Trabanten ergeben hat, und die auch zu den durch das Lickfernrohr zu Tage geförderten Forschungsergebnissen gehört, suchen wir vergeblich nach einer Analogie. Nachdem bereits vorher merkwürdige Veränderungen in der Gestalt dieses Körpers konstatirt waren, hat sich die Opposition Jupiters im vorigen Jahre der Beobachtung besonders günstig gezeigt. Zuerst konnte Barnard nachweisen, dafs der Trabant bald elliptische, bald Kreisform annahm, dafs er in der ersteren Gestalt aber nicht immer in Richtung des Aequators gestreckt erschien, sondern ebenso oft in der Richtung seiner Achse. Das war ein noch von keinem Himmelskörper beobachtetes Verhalten. Alle, von den allerkleinsten abgesehen, haben ja ihre Gestalt in einem noch bildungsfähigen Lebensalter durch den Einflufs der Schwungkraft erreicht; alle müssen also mindestens annähernd Rotationsellipsoide darstellen, die in den Fällen langsamer Umdrehung, wie bei unserer Sonne, von Kugeln sich nicht unterscheiden. Die ferneren im August und September v. J. von Schäberle und Campbell angestellten Beobachtungen erwiesen nun klipp und klar, dafs bezüglich der Gestalt dieses Himmelskörpers an ein Rotationsellipsoid nicht gedacht werden kann. Die Beobachtungen lassen sich darstellen, wenn man dem Trabanten



Die drei Hauptschnitte des Ersten-Jupitertrabantenellipsoids.

In der Stellung der Fig. 1 würde der Jupiter hinter dem 1. Trabanten zu denken sein, bei Fig. 2 an der Seite; den Anblick der Fig. 3 würde der 1. Trabant gewähren, wenn man senkrecht auf seine Bahn sehen könnte.

die Gestalt eines dreiachsigen Ellipsoids zuschreibt, dessen gröfste Achse fortwährend nach dem Jupiter hinweist, während die mittlere auf der Bahn des Trabanten senkrecht steht. Dagegen konnten die Beobachter für die anderen Trabanten eine Abweichung von der Kugelgestalt nicht nachweisen. Sonderbar, aber nicht unerklärbar erscheinen uns diese Verhältnisse, wenn wir auf das System Erde-Mond blicken. Wir halten die Erde für ein Umdrehungsellipsoid, und in der That schmiegen sich die Ergebnisse der Gradmessungen dieser Körperform am besten an. Ganz geringe und dazu nur sehr kurz dauernde Aenderungen bringt in dieser Form der Mond hervor, indem er die Gezeiten erzeugt. Die Erdoberfläche, soweit sie der Anziehungskraft des Mondes zu folgen fähig ist, wird ein wenig deformirt, sie streckt sich in Richtung des Mondes, verschmälert sich in der darauf senkrechten Richtung. Auf dem dem Monde zugewendeten und dem von ihm abgewandten Viertel herrscht Fluth, während die beiden andern Viertel Ebbe haben. Und nun bedenken wir, wie gewaltig die Fluthwirkungen waren, die Jupiter auf seinen ersten Trabanten ausüben konnte zu einer Zeit, da er noch bildsam und gefügig, aber bereits zum ewigen und unverwandten Anstarren der kolossalen Nachbarmasse gezwungen war. Da Jupiter 25000 mal die Mondmasse enthält und jener Mond seinem Mittelpunkte kaum ferner liegt, wie der Erdmond dem Erdmittelpunkt, so war die energische Anziehung Jupiters sicher fähig, seinen nächsten Nachbar dauernd in solchem Sinne zu deformiren, wie ihn die Beobachtungen erkennen liefsen. Unerklärt bliebe dabei freilich, dafs die Achse des Trabanten nicht in demselben Mafse verkürzt wurde, wie der in seiner Bahn liegende Durchmesser, und es ist nicht mehr als eine vage Vermuthung, wenn man diesen Umstand der starken Verkürzung des Planeten in Richtung seiner Achse oder einer ungleichmäfsigen Vertheilung der Materialien im Leibe des Trabanten zuschreibt. So zeigt sich überall die Nähe des mächtigen Planetenleibes für die Ausgestaltung seines Systems charakteristisch. Frühzeitig bändigte er die Satelliten, bis sie ihren Blick immer auf ihn richteten und er hatte Zeit, der noch plastischen Masse seines ersten Begleiters die Figur aufzuprägen, bei der seine Theile einander das Gleichgewicht hielten. Bei den anderen Monden hat man solche Abweichungen von der Kugelgestalt noch nicht aufgewiesen. Das heifst freilich nur, dafs unsere Fernrohre vorläufig zu schwach sind, eine solche Abweichung zu zeigen. Trotzdem könnte sie wohl vorhanden sein, aber sie ist viel, viel geringer als bei Jupiters nächstem Nachbar, und das ist kein Wunder, weil ja die Attraktionsgewalt mit der Entfernung vom anziehenden Centrum im

quadratischen Verhältnisse abnimmt. Wie gesagt, ist die Eigenschaft des ersten Trabanten bisher ohne Analogie, denn es darf nicht daran gedacht werden, jene Sonderbarkeit unseres Erdmondes damit zu vermengen, der bekanntlich seinen Schwerpunkt in etwas weiterer Entfernung von uns besitzt, wie seinen geometrischen Mittelpunkt, wovon freilich nicht das unmittelbare Sehen, sondern nur theoretische Erwägungen uns unterrichteten.

Eine andere Reihe von Erscheinungen, welche die Monde darbieten, ist eine Folge der geringen Neigung ihrer Bahnen gegen den Aequator des Jupiter. Bald erscheinen sie vor der Scheibe des Planeten und projiziren sich für unser Auge auf dieselbe, während zugleich ihr Schatten über die Fläche dahinzieht und in den Gegenden, die er trifft, den Eindruck von Sonnenfinsternissen hervorbringt; bald tauchen sie selbst in den Schatten, den der Planet hinter sich wirft, was vom Jupiter aus als eine Mondfinsternifs erscheinen würde. Diese Verfinsterungen boten bekanntlich durch die Verspätungen und Verfrühungen, die ihre Wiederkehr erlitt, Olaf Römer ein Mittel, um die Geschwindigkeit des Lichtes zu messen. Jene Vorübergänge aber haben so eigenthümliche Verhältnisse zu Tage treten lassen, dafs sie lange für die Astronomen unerklärlich waren. Der Trabant erscheint nämlich beim Vorübergange keineswegs immer hell, wie man es von einem Körper, der seine von der Sonne beleuchtete Hälfte uns zukehrt, erwarten sollte, sondern — freilich in seltenen Fällen nur — hebt sich dunkel von der hellen Jupiterscheibe ab. Die Erscheinungen sind gerade in den letzten Jahren auf dem Hamiltonberge genau studirt worden. Folgendes sind die Ergebnisse, zu denen die dortigen Astronomen gelangt sind:

1. Bei gewöhnlichen Vorübergängen erscheint der Trabant hell, wenn er sich nahe dem Rande auf die Oberfläche des Planeten projizirt; man verliert ihn gewöhniich aus dem Gesichtsfelde, wenn er den mittleren Theil der Scheibe erreicht.

2. Gelegentlich erscheint der Mond dunkler als die Planeten-Oberfläche, und die Schattentiefe kann so beträchtlich sein, dafs man öfter fälschlich den Mond mit seinem Schatten verwechselt hat, der doch daneben noch auffindbar ist. Verläfst der Mond den Rand der Scheibe, so projizirt er sich trotzdem ganz hell gegen den Hintergrund des Himmels.

3. Dunkle Vorübergänge von Monden sind häufiger für die entfernteren, als für die näheren.

4. Diese Erscheinungen treten ganz unregelmäfsig ein und lassen sich nicht voraussagen.

Wir würden es sofort erklärlich finden, wenn die Monde auf dem hellen Hintergrunde nie — weder als helle noch als dunkle Körper — zur Sichtbarkeit gelangten; denn, da ihr Glanz von dem des Hauptkörpers nur wenig abweicht, so müfsten sie für unser Auge auf dem gleich hellen Hintergrunde unsichtbar bleiben. Aber die auffallende Abwechselung legt der Erklärung Schwierigkeiten in den Weg. Dieselbe kann nicht in einem wirklichen Wechsel des Glanzes dieser kleinen Körper begründet sein, da ein solcher sich bei anderer Gelegenheit wohl offenbart haben würde, aber vielleicht in einer zu gewissen Zeiten besonders heftigen Wolkenentwickelung. Dafs die Trabanten von Wassernebeln umgeben sind, darauf deutet eine freilich vereinzelt dastehende spektroskopische Beobachtung von Vogel hin. Warum sollte die vom Planetenkörper aus so unmittelbarer Nähe ausgehende Wärmestrahlung nicht dahin führen, dafs Wolkenbildung auf der demselben zugekehrten Seite des Satelliten ausgeschlossen, auf der andern aber zeitweise möglich sein könnte, wie Keeler meint? Uns will es freilich scheinen, als ob diese bisher so schwach begründete Hypothese von der folgenden in den Hintergrund geschoben wird, so lange, bis sie durch andere Beobachtungen gestützt wird. Die Gegenden der Jupiteroberfläche sind sicher von sehr verschiedenem Glanze. Die Ränder strahlen uns ihr Licht erst durch eine verhältnifmäfsig dichtere Atmosphäre zu, als die Mitte der Scheibe. Die Gürtel und die schwarzen und rothen Flecke, mögen sie sein von welcher Natur sie wollen, werden einen andern Glanz zu eigen haben, als die strohgelbe übrige Fläche. Die Monde, wiewohl im ganzen von derselben Leuchtkraft wie der Planet, passiren durch Gegenden, deren Glanz geringe, wenn auch schwache Unterschiede von dem ihrigen aufweist. Obgleich unser Auge zu absoluten Helligkeitsmessungen nicht besonders fähig ist, hat es für Kontrastwirkungen eine ungemein hohe Empfindlichkeit. Es wird also auf helleren Stellen der Jupiterscheibe, welche der Mond zufällig passirt, diesen dunkel sich abheben sehen, auf dunkleren Stellen ihn aber hell erblicken. Die Streifen der Aequatorealgegenden sind der gewöhnliche Schauplatz der Vorübergänge, sie scheinen geringeren Glanz zu haben, und daher sind die Vorübergänge gewöhnlich hell; aber die Vorübergänge zwischen den Streifen und in höheren Regionen werden dunkle sein können, auch ist vielleicht auf den Streifen selbst ein Wechsel des Glanzes nicht ausgeschlossen. Holden, der diese Hypothese weiter ausgearbeitet und sogar experimentell be-

gründet hat, meint, dafs sorgfältige Beobachtungen der Begleiterscheinungen dieser Vorübergänge die Sache noch beträchtlich erhellen werden.

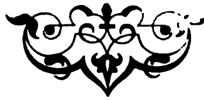
Die sonderbarste Beobachtung von allen hat am 8. September 1890 Barnard angestellt. Als er mit dem Zwölfzöller der Licksternwarte einen Vorübergang des ersten Trabanten überwachte, sah er diesen in zwei Theile zerschnitten (Fig. 3). Die Schnittlinie hatte die Richtung des Aequators. Das Phänomen hielt eine halbe Stunde an. Ein Irrthum ist ausgeschlossen, da Burnham es auch gesehen hat und nicht daran gedacht werden kann, dafs etwa die eine Hälfte ein Fleck Jupiters gewesen sein könne, weil die relative Bewegung des Trabanten gegen einen Fleck Jupiters bereits in zwanzig Minuten auf drei Bogensekunden angewachsen wäre und sich dieser Ortsunterschied bei der starken Vergröfserung nicht hätte verbergen können. Der Vorübergang war ein dunkler, man könnte meinen, dafs die zweite Hälfte der Schatten des Mondes gewesen sei, aber die Beobachter haben sich natürlich versichert, dafs dieser Schatten gleichzeitig für sich klar und deutlich auf der Scheibe sichtbar war. Zur Erklärung der merkwürdigen Erscheinung bieten sich nur zwei Hypothesen. Die eine, dafs der Trabant wirklich ein doppelter Körper sei, ist offenbar sehr unwahrscheinlich. Die andere besagt, dafs dieser Satellit in der Richtung seines Aequators einen weifsen Streifen besitze, aufserhalb dieser Aequatorzone aber dunkler sei. Untersuchen wir, welche Erscheinungen eine solche Oberflächenbeschaffenheit erzeugen kann! Fällt das Bild des Mondes auf einen Hintergrund, der den dunkleren Farbenton besitzt, so wird dasselbe sich nur in jenem weifsen Streifen bis zur Sichtbarkeit abheben. Der Körper mufs sich alsdann in der Gestalt eines weifsen Streifens präsentiren, der die Richtung des Aequators inne hat. In der That hat Barnard am 3. August 1891 den Trabanten in dieser Form (Fig. 4) erblickt, als er einen der dunklen Aequatorstreifen des Planeten passirte. Setzen wir andererseits den


Fig. 3. Vorübergang des 1. Trabanten am 8. Septbr. 1890.


Fig. 4. Der 1. Trabant am 8. Sept. 1890 und am 3. Aug. 1891.

Fall, dafs der Mond durch die helleren Regionen der Planetenscheibe hindurchgeht, durch Gegenden, deren Farbenton sich von dem des weifsen Mondstreifens nicht unterscheidet. Wird dann wohl das Bild des Streifens von dem Hintergrunde sich abheben und nicht vielmehr der Trabant die Gestalt zweier gegen einander gestellter Kappen anzunehmen scheinen? Wenn diese Kappen sich zum Anblick zweier kreisrunder Körper gestalteten, so lag das an einer Eigenthümlichkeit unseres Auges, die man als die Irradiation bezeichnet. Ein helles Bild auf der Netzhaut greift nicht blos die Nerventheilchen an, die es wirklich bedeckt, sondern es greift um sich und ob es von Natur eckig oder rund ist, wird es uns immer den Eindruck eines kreisrunden Bildchens gewähren. So wird die Fig. 4, aus einer Entfernung von etwa 3 m betrachtet, das dunkle Mondbild bereits als aus zwei Kreisscheibchen zusammengesetzt erscheinen lassen.

So sind die Erscheinungen der Jupitertrabanten theils durch ihre Weltstellung in der unmittelbaren Nachbarschaft eines viel gewaltigeren und heifsen Himmelskörpers auf mechanischem Wege zu erklären, theils lassen sie sich aus den Vorgängen der Projektion in Verbindung mit den Eigenschaften unseres Gesichtsorgans deuten.





Veränderliche und neue Sterne.

Von Gymnasiallehrer J. **Plassmann** in Warendorf.

(Schlufs.)

Was nun Algol angeht, so sind seine Lichtänderungen aufserhalb der Zeiten der Finsternisse jedenfalls äufserst gering. Um sie aufzufinden, bediente ich mich einer Methode, die, wie bereits vorhin angedeutet, vielleicht Bedenken gegen sich hat, die mir aber bei anderen Sternen gute Dienste geleistet hatte. Algol wurde an jedem klaren und mondfreien Abende mehrmals mit drei anderen Sternen verglichen; es sind α Persei, γ Andromedae und ε Persei. Der erste Stern erscheint mir und wohl allen Beobachtern fast immer heller, der letzte sehr viel schwächer als Algol im vollen Licht, während der lebhaft gelb gefärbte zweite Stern nach meiner gewöhnlichen Schätzung ein paar Stufen schwächer als Algol ist, nach Anderen, z. B. Schönfeld, merklich heller. Indem nun jede Beobachtung aus Anschlüssen an alle drei Vergleichssterne bestand, war es möglich, die Stufenhöhen der letzteren ganz zu eliminiren. Wird Algol mit β bezeichnet und die drei anderen Sterne mit α, γ', ε, so wurde

$$\tfrac{1}{3}\left[(\beta-\alpha)+(\beta-\gamma')+(\beta-\varepsilon)\right]=\beta-\tfrac{1}{3}(\alpha+\gamma'+\varepsilon)=s$$

gesetzt; s ist der Ueberschufs der Helligkeit von β über das Mittel aus den Helligkeiten der drei Vergleichssterne.

Es liegt nahe, gegen dieses Verfahren einzuwenden, dafs die Helligkeits-Differenzen von zu verschiedenem Werthe seien, um das einfache arithmetische Mittel als angängig erscheinen zu lassen. Doch steht es jedem frei, die gefundenen Zahlen[3]) anderweitig zu kombiniren; ich selbst konnte die Ueberzeugung nicht gewinnen, dafs die Fehler für die Unterschieae $\beta-\varepsilon$ wesentlich gröfser wären als für $\beta-\gamma'$ oder $\beta-\alpha$ (algebraisch). Vielleicht hat $\beta-\gamma'$ die gröfste Unsicherheit

[3]) Mitgetheilt in meinen „Beobachtungen veränderlicher Sterne, III. Theil." (Köln 1891. Verlag von J. P. Bachem.)

wegen der Farbe des im übrigen gut brauchbaren Vergleichsternes. Ein anderer Einwand wäre dieser, dafs bei den vielfachen Vergleichungen am Ende das Gedächtnifs mitspricht und die Unbefangenheit aufhört und dafs die Kenntnifs der seit dem letzten Minimum verflossenen Zeit ebenfalls verwirrend einwirken mufs. Dem ersteren Uebelstande habe ich durch Zwischenschaltung recht vieler Beobachtungen an anderen Sternen abzuhelfen gesucht; dafs hierdurch schliefslich eine gewisse Sicherheit erzielt wird, lehren die Beobachtungen selbst. Die Kenntnifs der Zeit des letzten Minimums hat mir in den meisten Fällen gefehlt. Sie liefs sich ja nicht immer vermeiden, z. B. am Tage nach einem beobachteten Minimum. Bei der bekannten Periode Algols ($68^h\ 48^m$) kann man aber darauf rechnen, dafs unter gewöhnlichen Umständen höchstens drei aufeinander folgende Minima sich beobachten lassen; dann folgt eine längere saison morte, wo die Minima auf Tagesstunden fallen, und hier ist es leicht, in der Zeitrechnung zu verkommen. Witterungswechsel und Vollmond wirken in dem gleichen Sinne, und so ist es mir denn z. B. bei der in Rede stehenden Arbeit vorgekommen, dafs ich, halb wider Willen, die algebraischen Werthe von $\beta-\alpha$, $\beta-\gamma'$, $\beta-\varepsilon$ sehr niedrig ansetzte, bis ich zuletzt selbst merkte, dafs die tiefe Einbiegung nach dem Minimum hin begann. Natürlich wurde, wenn Algol zu sehr abnahm, zur Wahl anderer Vergleichsterne geschritten, so dafs das Resultat der Untersuchung sich nur auf den früher als horizontal angesehenen Theil der Kurve und einen geringen Abschnitt des stark eingebogenen Theiles bezieht. In letzterer Gegend wird das Verfahren natürlich etwas unsicher; doch konnte man diesen Uebelstand dulden, da es nur um eine erste Untersuchung der wahren Gestalt der Kurve sich handelte.

Eine andere hierbei nicht unwichtige Frage ist die nach der Konstanz der Vergleichsternhelligkeiten. Auch kleinere Aenderungen darin würden offenbar sehr störend wirken, wenn sie sich mit den vielleicht noch kleineren Aenderungen des Algol selbst in der Rechnung vermischten. Die aus den Beobachtungszeiten der einzelnen Abende gewonnenen Mittelwerthe wurden darum chronologisch geordnet, und da zeigte sich kein deutlicher Gang, namentlich keine auffallenden Zeichenfolgen in den Unterschieden. Nur γ', der seiner Färbung wegen schon an sich nicht unverdächtig ist, erleidet vielleicht schwache Lichtänderungen, die jedoch, wie wir gleich sehen werden, auch atmosphärische Gründe haben können; jedenfalls aber sind sie zu gering, um das Resultat erheblich verfälschen zu können. Auch der Einflufs der Lage der Konstellation zum Beobachter mufste untersucht werden.

Zu diesem Zweck wurden die Werthe von s auch nach der Sternzeit[4]) geordnet, und auch da treten in ihren Differenzen keine bemerkenswerthen Zeichenfolgen auf; nur in den gröfseren westlichen Stundenwinkeln scheint sich der tiefe Stand von γ' anzudeuten, und da diese Stundenwinkel gröfsentheils der Zeit des ausgehenden Winters entsprechen, wo die Konstellation wegen des Unterschieds zwischen Sternzeit und Sonnenzeit und auch wegen der rasch zunehmenden Tageslänge schnell in immer ungünstigere Stellungen gerieth, die am Ende das Beobachten unmöglich machten, so ist die geringe Veränderlichkeit von γ' vielleicht schon hinreichend erklärt.

Ein ganz anderes Bild erhält man nun, wenn man die Werthe s nach der Phase ordnet, d. h. nach der seit dem letzten Minimum (der Schönfeldschen Ephemeride in der Vierteljahrsschrift der Astronomischen Gesellschaft) abgelaufenen Zeit. Diese Zeit-Differenzen mufsten zunächst auf Pariser Zeit (welche der genannten Ephemeride zu Grunde liegt) und auf die Sonne[5]) reduzirt werden. Es versteht sich, dafs die Ableitung der Phasenwerthe erst dann vorgenommen wurde, als nach Ansammlung einer gröfseren Menge von Beobachtungen ein gewifser Stillstand durch Wetter und Mondschein veranlafst wurde; sonst wäre ja die auf andere Weise möglichst vermiedene Befangenheit wieder eingetreten. Aus den im Winter 1890—1891, und zwar bis 1890 Dezember 16 angestellten Beobachtungen ergaben sich nun folgende Werthe:

Phase:	$3^h\,39^m$	$10^h\,23^m$	$21^h\,3^m$	$36^h\,15^m$	$45^h\,39^m$	$60^h\,1^m$	$65^h\,8^m$	$66^h\,42^m$	
s	+0,58	+2,66	+2,39	+2,56	+2,49	+2,87	+1,30	−2,27	[A]
n	10	30	30	30	30	30	11	5	

Hier wie im Folgenden ist n die Anzahl der eingegangenen

[4]) Es hätte eigentlich nach dem Stundenwinkel Algols geschehen sollen. Da jedoch diese Gröfsen eine konstante Differenz haben, nämlich die Rektaszension des Sternes, entsteht dieselbe Reihe; man hat sich von ihr nur einen Theil abgehoben und am anderen Ende angelegt zu denken.

[5]) Die jährliche Bewegung der Erde um die Sonne bringt es mit sich, dafs das Licht von solchen Fixsternen, die nicht gerade dem Pol der Ekliptik nahe stehen, in der Sonnen-Konjunktion eine merklich längere Zeit zum Eintreffen auf der Erde braucht als in der Opposition. Für Sterne in der Ekliptik beträgt z. B. die Differenz $2 \times 498^s = 16^m\,36^s$, ein Maximalbetrag, der wenigstens bei so rasch veränderlichen Sternen, wie es die vom Algol-Typus sind, nicht vernachlässigt werden darf, daher schon lange als „Lichtgleichung" in Anschlag gebracht wird. Man rechnet alle Beobachtungen um für einen Beobachter auf der Sonne. Für λ Tauri, der in der Nähe der Ekliptik liegt, beträgt die Reduktion $\pm 8^m\,18^s$ in ihren Maximis; für Algol $\pm 7^m\,35^s$. Die Bestätigung dieser Korrektion durch die Beobachtungen ist ein schöner Beweis für die Richtigkeit des kopernikanischen Systems.

vollständigen Beobachtungen, jede zu drei Stufenschätzungen. Wie man sieht, wurden je 30 Beobachtungen, also 90 Schätzungen, zu einem Mittelwerthe vereinigt, wozu dann der entsprechende Mittelwerth der Phase aufgesucht wurde. Die äufsersten Enden sind aus weniger Beobachtungen abgeleitet. Die aus 176 Beobachtungen (also 528 Schätzungen) resultirende Uebersicht läfst Maxima in der Gegend von 11^h und 65^h deutlich erkennen. Doch zeigte eine spätere sorgfältige Revision, dafs die Rechnung nicht frei von Fehlern gewesen war; aufserdem war eine im Original verdächtige Beobachtung irrthümlich mitgenommen und eine unverdächtige ausgeschlossen worden. Auch waren inzwischen weitere Beobachtungen hinzugekommen, und das gesamte vom 9. Oktober 1890 bis 12. März 1891 gesammelte Material ergab nun folgende Kurve:

Phase:	$3^h\,39^m$	$10^h\,44^m$	$21^h\,1^m$	$35^h\,57^m$	$45^h\,43^m$	$58^h\,30^m$	$65^h\,8^m$	$66^h\,52^m$	
s	+0,58	+2,59	+2,30	+2,56	+2,47	+2,62	+1,30	−2,76	[B]
n	10	41	37	35	31	52	11	6	

Nach Ableitung derselben spielte mir ein glücklicher Zufall die mir bisher nur dem Titel nach bekannte Abhandlung des Herrn Dr. Scheiner in die Hände: „Untersuchungen über den Lichtwechsel Algols nach den Mannheimer Beobachtungen von Professor Schönfeld in den Jahren 1869—1875.“ (Bonn 1882.) In dieser Schrift wird die Frage nach der vollen Konstanz des Algol-Lichtes während des gröfsten Theiles der Periode auf Grund von 357 Beobachtungen bejaht. Nach einer Bemerkung des Herrn Verfassers hat Schönfeld den Stern jedesmal an den (für Schönfelds Auge) hellern Stern γ Andromedae und aufserdem entweder an ι Aurigae oder an β Arietis angeschlossen; es sind also 714 Lichtschätzungen vorhanden. Der wahrscheinliche Fehler der einzelnen Beobachtung (unter Annahme der Konstanz) ist auffallend gering (± 0,196), woraus von Scheiner wohl mit Recht auf eine gewisse Befangenheit des Beobachters geschlossen wird. Durch Wahl von drei Vergleichsternen glaube ich dagegen eine gewisse Unabhängigkeit meiner Schätzungen erzielt zu haben, und die mitgetheilte Beobachtungsreihe widerspricht dieser Annahme durchaus nicht. Scheiners Normal-Helligkeiten N des Sternes (a. a. O. S. 13) ergeben nun beim weiteren Zusammenziehen folgende Zahlen:

Phase:	10^h	20^h	30^h	40^h	50^h	59^h	
N:	20,41	20,36	20,40	20,44	20,41	20,45	[C]
n:	60	60	60	60	60	57	

Schönfelds Reihe erstreckt sich über mehr als 14 Monate, während die meinige in wenigen Wintermonaten entstanden ist. Ferner hat Schönfeld auf das Mondlicht keine Rücksicht genommen, so

dafs der geringe w. F. doppelt merkwürdig erscheint. Auf meine Reihe hat das Mondlicht, wie aus meinem Beobachtungsverzeichnifs zu ersehen, nicht eingewirkt. Die Tafeln [A], [B] und [C] zeigen trotzdem übereinstimmend 1) dafs Algol im 2. Theile der „horizontalen" Linie heller als im ersten ist, 2) dafs die geringste Intensität in der Nähe von 20^h zu liegen scheint. Noch auffallender wird die Uebereinstimmung, wenn man meine Werthe auf die Skala von Schönfeld-Scheiner reduzirt, wofür sich die Gleichung

$$N = 19{,}497 + 0{,}37\,s$$

ergab. Man bekommt dann folgende Uebersicht [BC], in welcher die Scheinerschen Zahlen etwas weniger als in [C] zusammengezogen und aufserdem die Phasenwerthe genau angegeben sind.

Phase.		Helligkeit nach Schönfeld.	Anzahl der Beobachtungen.	Helligkeit nach Plassmann.	Anzahl der Beobachtungen.
7^h	25^m	20, 360	30		
10	44			20, 455	41
12	20	463	30		
19	52	355	60		
21	1			348	37
29	48	403	60		
35	57			444	35
39	50	438	60		
45	43			411	31
49	20	412	60		
57	11	490	30		
58	30			466	52
61	45	397	27		

Die Uebereinstimmung in dem Gange der Zahlen ist ebenso interessant als beweiskräftig. Vielleicht würde sie weniger gut sein, wenn ich beim Anstellen meiner Beobachtungen die Scheinersche Arbeit bereits gekannt hätte. Es liefs sich nun eine Kurve zeichnen, die den vorstehenden Werthen so gut wie möglich sich anschlofs. Diese Kurve ist in Fig. 2 wiedergegeben; der Mafsstab der Abszissen (also der Phase) ist derselbe wie in Figur 1, während die Ordinaten (die Stufenhöhen) einen 250 mal gröfseren Mafsstab haben.

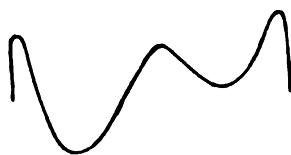


Fig. 2.

Die Hauptpunkte der Kurve liegen bei folgenden Phasenwerthen:

[0 h 0 m] Hauptminimum,
12 30 Zweithöchstes Maximum,
21 36 Zweitniedrigstes Minimum,

37	12	Schwächstes Maximum,
47	0	Höchstes Minimum,
57	40	Höchstes Maximum.

Vielleicht ist es kein Zufall, dafs diese Punkte auf Phasenwerthe fallen, welche die Abszissen-Axe nahezu in sechs gleiche Theile zerfällen; die genaue Sechstheilung ergäbe:

0 h 0 m, 11 h 28 m, 22 h 56 m, 34 h 24 m, 45 h 52 m, 57 h 20 m.

Es erinnert dieser Umstand daran, dafs die Kurve für den Lichtwechsel von β Lyrae, wie wir sie in Fig. 3 nach Argelanders zweiter

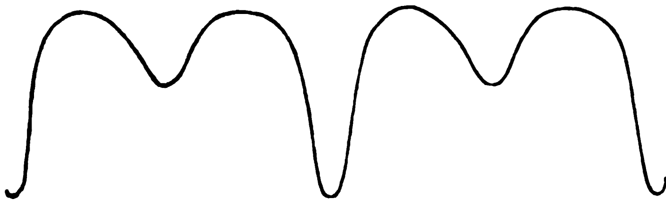


Fig. 3.

Abhandlung für zwei vollständige Perioden geben, durch die beiden Maxima und Minima sehr genau in vier der Abszisse nach gleiche Abschnitte zerfällt. Vielleicht ist auf diese Thatsache kein Gewicht zu legen. Dagegen mag noch betont werden, dafs anderweitige Algol-Beobachtungen in vollem Licht, soweit sie zu meiner Kenntnifs ge-

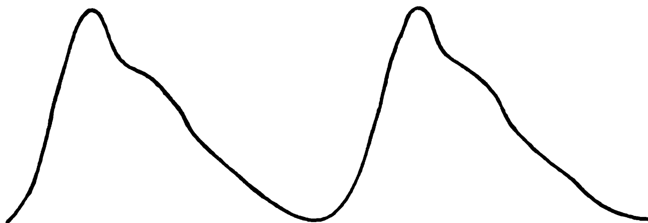


Fig. 4.

langt sind, mit den aus der Kurve Fig. 2 für die einzelnen Phasen abgeleiteten Werthen sich gut vertragen, sobald man nur auf die Stufenweite Rücksicht nimmt. Untersucht wurde in dieser Hinsicht eine sehr alte Reihe von Schönfeld (aus den Jahren 1859—1870) und eine kleine Anzahl von photometrischen Beobachtungen Zöllners. Die Uebereinstimmung des Ganges namentlich der letzteren mit der Kurve ist geradezu überraschend, doch mag hier, wo des Lesers Geduld vielleicht schon ihrer Grenze nahegerückt ist, nur auf meine

ausführliche Besprechung des Ergebnisses in einer amerikanischen Zeitschrift[6]) hingewiesen werden.

Man darf also behaupten, dafs Algol auch im vollen Lichte gewissen kleinen Intensitäts-Schwankungen unterliegt; und da diese Schwankungen nicht auf einer Okkultation beruhen können, müssen sie eine physikalische Ursache haben. Vielleicht darf man in den Gezeiten, welche der Satellit in der Atmosphäre und Photosphäre des Hauptsternes hervorruft, eine solche Ursache erblicken. Der Umstand, dafs die verschiedenen der Rechnung unterworfenen Reihen zwar den Gang des Lichtwechsels im allgemeinen übereinstimmend wiedergeben, aber mit stark veränderlicher Amplitude, mag dann vielleicht ebensogut objektive Ursachen haben, obwohl man ihn ja, wenn man will, einzig der verschiedenen Stufenweite zur Last legen und dabei noch betonen kann, dafs bei systematischen Vergleichungen dieser Art die Stufen auch eines geübten Beobachters von seiner gewöhnlichen Taxe vielleicht sehr abweichen.

Das Minimum bei $21^1/_2$ h, das in Schönfelds älteren und neueren, wie auch in meinen eigenen Beobachtungen, in gröfster Schärfe sich ausprägt, verräth uns vielleicht die Existenz einer mächtigen über den Hauptstern hinziehenden Fluthwelle, die sich gegen den sie hervorrufenden Satelliten verspätet.

Dafs an anderen Algol-Sternen ähnliche Untersuchungen mit Erfolg vorgenommen seien, ist mir nicht bekannt geworden; nur λ Tauri habe ich selbst, und zwar gleichfalls im Winter 1890—1891, in dieser Hinsicht untersucht. Die Periode beträgt etwa 95 Stunden. Als Vergleichsterne dienten $\zeta' = \zeta$ Persei und ζ, ε, ν Tauri; die beiden ersteren sind regelmäfsig heller, die letzteren schwächer als λ im vollen Lichte. Es wurde ähnlich wie bei Algol,

$$\begin{aligned} &{}^1/_4\,[(\lambda-\zeta') + (\lambda-\zeta) + (\lambda-\varepsilon) + (\lambda-\nu)] \\ &= \lambda - {}^1/_4\,(\zeta' + \zeta + \varepsilon + \nu) = s \end{aligned}$$

gesetzt. Die Beobachtungen gehen vom 15. Nov. 1890 bis 10. März 1891 und ergeben folgende Kurve:

Phase:	1 h 31 m	10 h 54 m	22 h 49 m	32 h 27 m	42 h 30 m
s:	— 1,25	+ 0,19	+ 0,91	+ 0,33	+ 0,30
n:	5	10	20	20	19

Phase:	50 h 3 m	65 h 11 m	73 h 3 m	86 h 40 m
s:	+ 0,43	+ 0,51	+ 1,07	+ 0,06
n:	16	18	17	19

6) The true form of Algol's Light Curve. Zeitschrift „Astronomy and Astro-Physics“, Jahrgang 1892, Nr. 105. — Eine ältere eigene Beobachtungsreihe ist in meinen „Beobachtungen“ besprochen.

Das Minimum des vollen Lichtes ist auch hier, wie bei Algol, gegen die Mitte etwas nach links verschoben. Vielleicht sind die Fluktuationen des vollen Lichtes mit den Schwankungen zu vergleichen, welche das Licht von δ Cephei (vergl. Fig. 4) und η Aquilae im abnehmenden Theile der Kurve erfährt.

Dafs aber diese Licht-Fluktuationen interessant genug sind, um mit allen der Wissenschaft zu Gebote stehenden Mitteln erforscht zu werden, folgt aus der Bedeutung der Algol-Sterne für unsere Welterkenntnifs, auch wenn diese Himmelskörper mit den Novis nichts zu thun haben sollten. Folgende Punkte sind vorzüglich für die Algol-Sterne, nächstdem für die durch β Lyrae, δ Cephei und η Aquilae vertretene Gruppe festzustellen:

1. Die genaue Epoche und Periode der Haupt-Minima, ihre Uebereinstimmung oder ihr Widerspruch mit der Vorhersage, die Gesetze der Verfrühung und Verspätung.

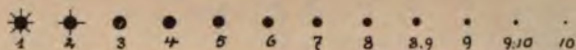
2. Etwaige Unterschiede in der Regelmäfsigkeit des Eintreffens der Minima gerader und ungerader Epochen. Solche Unterschiede hat neuerdings Dunér für Y Cygni festgestellt.

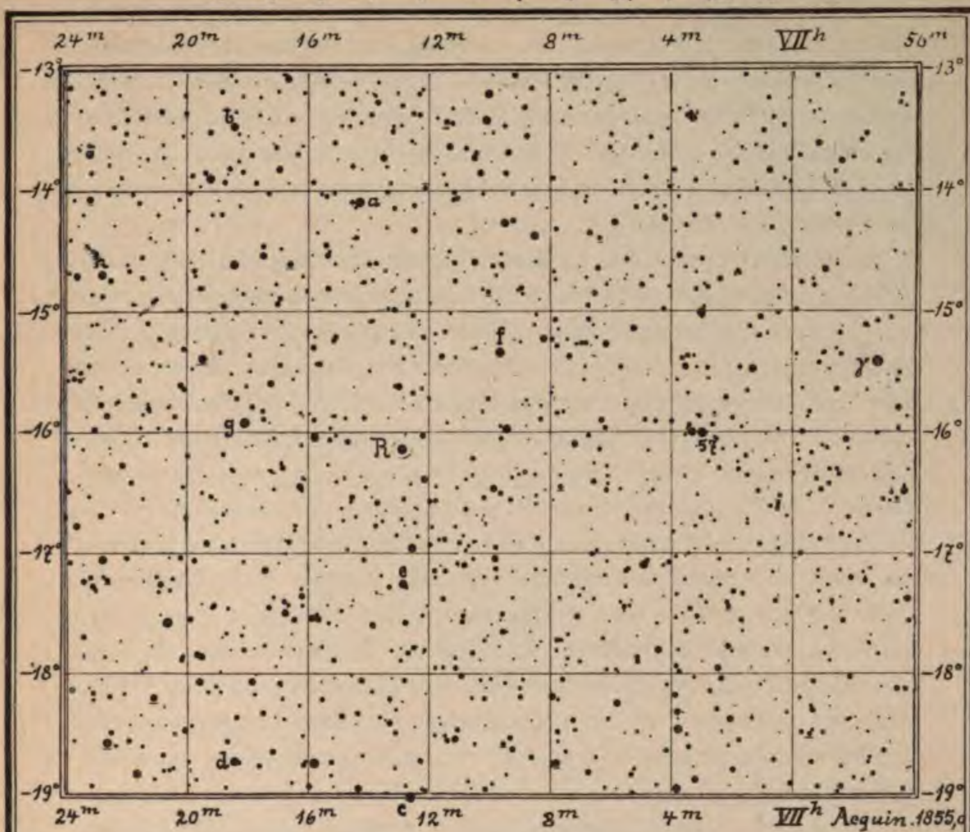
3. Verlauf des Lichtwechsels um das Haupt-Minimum, Verhältnifs der Zeiten der Ab- und Zunahme des Lichtes; immer im Vergleich mit den älteren Angaben, von denen manche unkontrolirt herumlaufen.

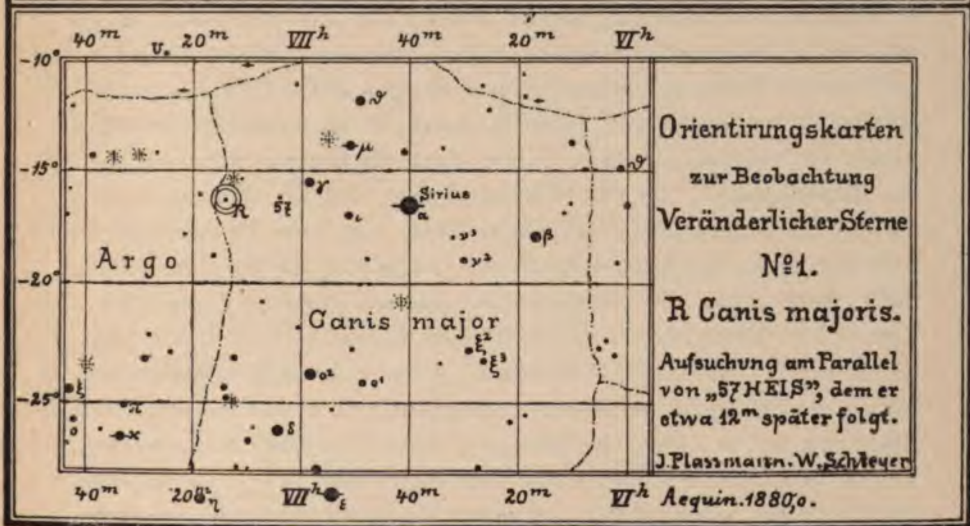
4. Verlauf des Lichtwechsels aufserhalb der Verfinsterungen — wenn man die für Algol als richtig erwiesene Finsternifs-Hypothese auf alle Algol-Sterne ausdehnt.

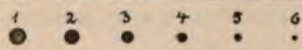
5. An keinem Tage dürfen die Sterne gänzlich unbeobachtet bleiben, da man niemals vor Ueberraschungen gesichert ist.

Es liegt wohl auf der Hand, dafs trotz der ziemlichen Verbreitung und grofsen Leistungsfähigkeit der photographischen und photometrischen Instrumente die individuelle Thätigkeit auf diesem Gebiete noch keineswegs als kaltgestellt zu betrachten ist. Das Material über die Nova Aurigae, soweit es bis jetzt bekannt geworden ist, zeigt, dafs die Schätzungen der mit Feldstechern, Operngläsern oder auch nur mit ihren gesunden Augen versehenen Beobachter in aller Herren Ländern die Konkurrenz der photographischen und photometrischen Ergebnisse gar wohl aushalten können. Obgleich das Gebiet der veränderlichen Sterne nicht mehr so jungfräulicher Boden ist, wie vor einem halben Jahrhundert, als Argelander in seiner Aufforderung an Freunde der Astronomie die Methode der Stufenschätzung auseinandersetzte und als erstes Beispiel für den Werth dieser Methode


1 2 3 4 5 6 7 8 8.9 9 9.10 10


24m 20m 16m 12m 8m 4m VIIh 56m
-13° -14° -15° -16° -17° -18° -19°
R
VIIh Aequin. 1855,0


40m 20m VIIh 40m 20m VIh
-10° -15° -20° -25°
Argo
Canis major
Sirius
Orientirungskarten
zur Beobachtung
Veränderlicher Sterne
№ 1.
R Canis majoris.
Aufsuchung am Parallel
von „57 HEIS", dem er
etwa 12m später folgt.
J. Plassmann. W. Schleyer
VIh Aequin. 1880,0.


1 2 3 4 5 6

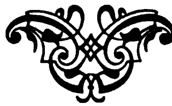
die Abhandlung über β Lyrae brachte, so ist doch auch jetzt noch viel zu machen, ja angesichts der in obiger Aufstellung besprochenen Desiderien könnte man sagen, dafs die Ernte grofs ist und der Arbeiter wenige sind. Hier müssen neue Kräfte gewonnen werden, hier mufs das mathematisch gebildete Publikum beweisen, dafs sein Interesse für die Astronomie nicht auf das blofse Geniefsen des von anderer Seite Gebotenen hinausläuft.

Die im vorigen Jahre in Berlin begründete „Vereinigung von Freunden der Astronomie und der kosmischen Physik" hat in richtiger Erkenntnifs der Nothwendigkeit vervielfältigter Beobachtungen an veränderlichen Sternen zur Organisation derselben ihre dritte Arbeitsgruppe eingerichtet, die aufserdem verschiedenen anderen Aufgaben der Stellar-Astronomie sich zuwenden will. Die Erfahrung eines kurzen Jahres, oder vielmehr nur weniger Monate, da die Anmeldungen zur dritten Gruppe anfangs nur ganz tropfenweise einliefen, hat bereits gelehrt, dafs es nur des äufseren Anstofses bedurfte, um nach und nach eine ziemliche Anzahl rüstiger Arbeitskräfte im Dienste einer grofsen Idee zu sammeln. Den Mangel an geeigneten kartographischen Hilfsmitteln als gröfstes Hindernifs für eine erspriefsliche Thätigkeit erkennend, beschlofs man die Herstellung kleiner Beobachtungskarten, die den Mitgliedern kostenfrei zugehen. Die vorstehend abgedruckte Karte soll von dem Arrangement eine Vorstellung geben.

Die Karte besteht, wie man sieht, aus zwei Theilen. Der kleinere ist eine rohe Orientierungskarte, welche nur die mit freiem Auge sichtbaren Nachbarsterne und den Veränderlichen enthält. Die Umgebung des letzteren ist dann in dem übrigen Felde in vergröfsertem Mafsstabe zur Anschauung gebracht, und zwar nach den Bonner Sternkarten auf photographischem Wege; doch wurden vor dem Abdruck die Nomenklaturen für den Veränderlichen und die Vergleichsterne auf die Platte gebracht. Die Karte bietet also dem Beobachter ein sehr bequemes Mittel zur Orientirung. Aehnliche Karten sind, jedoch nicht mehr durch die Photographie, sondern durch ein praktisches Umdruckverfahren, für die veränderlichen Sterne U Cephei, Y Cygni, δ Librae, U Ophiuchi, U Coronae, S Cancri von Hrn. Regierungsbaumeister Schleyer hergestellt worden; auch die Aufsuchung der Nova Aurigae wurde ihrer Zeit durch ein besonderes Kärtchen erleichtert. Bereits haben diese Karten einen nennenswerthen Erfolg aufzuweisen. Von Y Cygni, einem bisher arg vernachlässigten Sterne, sind mehrere Minima beobachtet, auch über einige der anderen Sterne liegen Notizen

vor. Algol und λ Tauri sind hell genug, um mit Hilfe gewöhnlicher Atlanten beobachtet zu werden.

Astronomische Instrumente von kolossaler Leistungsfähigkeit sind in Deutschland weniger als anderwärts verbreitet. Um so schöner wäre es, wenn auf einem Gebiete, wo durch feste Organisation und hingebenden Fleifs auch ohne solche kostspielige Hilfsmittel noch so vieles zu leisten ist, die bewährten nationalen Eigenschaften des Deutschen sich geltend machen wollten. Indem wir also auch an dieser Stelle zum Eintritt in die „Vereinigung“ dringend auffordern, bitten wir den freundlichen Leser um Entschuldigung, wenn wir ihm etwas viel Zahlenkost und vielleicht nur wenig „Interessantes“ geboten haben. Hypothesen und Erklärungen sind veränderliche Dinge; gute Beobachtungen behalten immer ihren Werth.





Neues über die Kometen.

Obgleich in dem ganzen letzten Jahrzehnt kein besonders auffälliger Komet erschienen ist — die letzte grofse Erscheinung war die vom September 1882, welche jedoch nur wenigen Frühaufstehern sichtbar wurde — beschäftigen sich doch unausgesetzt namentlich die Theoretiker mit der Erklärung all jener Eigenthümlichkeiten dieser immer noch so ungemein räthselhaften Himmelswesen, die in unzählbaren Schaaren das Weltgebäude durchschweifen. Kepler schon sagte bekanntlich von ihnen, dafs sie so zahlreich seien, wie die Fische im Meer. Wie sehr dieser Vergleich zutreffend ist, zeigt namentlich eine kleine, posthum erschienene Untersuchung des leider zu früh unserer Wissenschaft entrissenen jungen Petersburger Gelehrten Joseph Kleiber, der zweite unserer Mitarbeiter, welchen wir seit dem Bestehen unserer Zeitschrift durch den Tod verloren. Unter der praktischen Erfahrungen entnommenen Voraussetzung, dafs jährlich etwa 5 Kometen der Erde so nahe kommen, um von den Astronomen entdeckt werden zu können, findet Kleiber, dafs in unserem Sonnensystem bis zum Umfange der Neptunsbahn gerechnet, gleichzeitig etwa 5900 Kometen vorhanden sind. In jedem Jahre treten 240 neue in dieses Bereich hinein und eben so viele verlassen dasselbe. Durchschnittlich alle 72 Jahre mufs ein Komet in einer Bahn das Sonnensystem betreten, welche ihn in die Sonne stürzen läfst. Dieses wird in vielen Fällen jedoch unter Umständen stattfinden, welche uns die Beobachtung dieses Ereignisses erschweren oder unmöglich machen.

Man sollte nun meinen, dafs bei der Fülle der Erscheinungen, welche sich hier den Astronomen zum Studium darbieten, und bei der enormen Gröfse vieler derselben, welche uns bis in das graueste Alterthum hinein Ueberlieferungen von ihnen sicherten, die Erkenntnifs von den Kometen auf einen hohen Grad von Vollkommenheit angelangt sein müsse. Dem entgegen aber sind gerade sie die räthselhaftesten und unerforschlichsten aller Himmelskörper geblieben.

Am meisten Schwierigkeiten bietet die Frage nach der Entstehung und Konstitution der enormen Schweife der gröfseren Kometen dar, welche sich oft in wenigen Tagen oder selbst Stunden über einen Raum von vielen Millionen Meilen fast mit der Geschwindigkeit des Lichtes oder der Elektrizität ausbreiten und als ein aller Welt sichtbares Etwas hell leuchten, während die Untersuchungen doch mit Sicherheit ergeben, dafs der Raum unter unserer kräftigsten Luftpumpe eine dichte schwere Masse genannt werden mufs gegenüber dem Nichts, aus welchem die Kometenschweife gebildet sind. Widersprüche über Widersprüche häufen sich, je mehr man diesen seltsamen Wesen mit Fernrohr und mathematischer Formel zu Leibe geht.

Nun haben letzthin Charlier und einige französische Mathematiker (Roche, Picart und Tisserand) das Verhalten eines materiellen Punktes untersucht, welcher in der Nähe eines Kometenzentrums unter der Anziehungskraft dieses letzteren und der Sonne steht und fanden, dafs der Wettbewerb dieser beiden Kräfte sich so gestaltet, dafs dieser Punkt sich mehr und mehr vom Kometenkerne entfernen mufs, je mehr der Komet selbst sich der Sonne nähert. Der Kometenkern selbst mufs also mit Annäherung zur Sonne an Umfang immer kleiner werden und an Masse verlieren. Das erstere entspricht in der That gemachten Beobachtungen. Da nun innerhalb gewisser Entfernungen von der Sonne die Kometen ungefähr denselben Umfang behalten, so kann man, da die Anziehungskraft der Sonne in dem oben erwähnten Wettbewerb bekannt ist, daraus auf die Anziehungskraft des Kometenkernes d. h. seine Masse schliefsen. Tisserand findet bei dieser Gelegenheit, dafs die Kometen durchschnittlich garnicht eine so sehr geringe Masse besitzen könnten, als man bisher glaubte annehmen zu müssen. Er berechnet, dafs ein uns sichtbarer Komet von 1′ Durchmesser mindestens den 300000. Theil der Erdmasse besitzen müsse, also etwa zu der Gröfse der kleinen Planeten rangiren würde. Wenn also die Kometen an Anziehungskraft mit den kleinen Planeten wetteifern, so müfste man störende Einflüsse auf einen der letzteren gelegentlich wahrnehmen können; es mufs dahingestellt bleiben, ob dieses wirklich stattfindet.

Da nun einerseits durch diese Untersuchungen gezeigt wurde, dafs allein durch das Ueberwiegen der Sonnenattraktion ein Loslassen von Kometenmaterie seitens der Anziehungskraft des Kernes stattfinden mufs, d. h. also eine Ausstofsung von Materie mit Annäherung zur Sonne, so könnte man hierin vielleicht den ersten Anstofs oder doch eine mitwirkende Ursache zur Schweifbildung erblicken. Diese Annahme

mufs man jedoch sofort wieder fallen lassen angesichts der zweifellos so ungemein geringen Dichtigkeit der Kometenschweife, welche kaum merkliche Spuren der Kometenmasse selbst in sich aufnehmen können. Schon Bessel zeigte ja diesbezüglich, dafs, wenn der Halleysche Komet während seiner Sichtbarkeitsperiode täglich nur den tausendsten Theil seiner Masse zur Schweifbildung verwendet hätte, infolge der Rückstofswirkung seine Umlaufszeit sich um 2 bis 3 Jahre hätte verkürzen müssen, die er jedoch bekanntlich innerhalb erlaubter Grenzen genau der Gravitationstheorie entsprechend, in ungestörter Weise innegehalten hat.

Wenn nun aber die Kometenschweife wirklich keine merklichen Spuren der Materie des Kometenkernes enthalten, woher dann ihr deutlicher Zusammenhang mit dem Kopfe, ihr offenbares Hervorbrechen aus demselben und überhaupt ihre meist doch fest umrissene Gestalt? Kann man es danach für möglich halten, dafs sie nur eine Fiktion, eine Art optischer Täuschung oder blofse Lichterscheinung des Weltäthers hinter den Kometenkernen sein könnten, der nichts Wesenhaftes anhaftet.

Man sieht ganz deutlich, dafs die Kometenkerne, wenn sie sich der Sonne nähern, irgend ein Etwas zunächst nach der Sonne hin ausströmen. Diese offenbaren Dampfmassen wenden dann aber in parabolischem Bogen um und stürzen, von einer nun erst auftretenden Kraft getrieben, die jedoch abstofsend von der Sonne ausgeht, hinter dem Kerne in den weiten Weltraum hinaus, dadurch den mächtigen Schweif bildend. Als abstofsende Kraft aber kennen wir nur die Elektrizität. Die auf dieser Annahme basirende Bessel-Zöllnersche Hypothese ist ja allbekannt. Es dürfte auch unseren Lesern aus früheren Mittheilungen erinnerlich sein, dafs in den letzten Jahrzehnten diese Hypothese von Bredichin eine weitere Ausbildung erfahren hat. Dieser gelehrte Analytiker untersuchte des Näheren die Formen der Kometenschweife und fand, dafs dieselben sich in drei von einander ziemlich scharf getrennte Typen zerlegen liefsen, so dafs für jeden dieser Typen eine bestimmte, für dieselbe Entfernung konstante Repulsivkraft der Sonne gilt. Bei Annahme einer gewissen Einheit ist beispielsweise für den ersten Typus die Repulsivkraft gleich 11, für den zweiten gleich 1.4, beim dritten 0.3. Innerhalb dieser Typen kann man die Kometenerscheinungen mit gewissen Unsicherheiten rangiren. Bredichin erklärte diese Erscheinung dadurch, dafs er zwar die Repulsivkraft der Sonne an sich als konstant annahm, dagegen voraussetzte, dafs die Masse der Kometen sich aus verschiedenen

Stoffen zusammensetzt, welche dieser Repulsivkraft ein verschiedenes Trägheitsmoment entgegensetzen; ein Stoff von geringerem Atomgewicht mufs eben selbstverständlich kräftiger abgestofsen werden als ein schwereres Atom. Bei dem ersten Typus, welcher eine so scharfe Grenze gegen die beiden anderen aufweist, könnte man Wasserstoff als abgestofsene, den Schweif bildende Masse ansehen. Das Atomgewicht des Wasserstoffs ist ja in der That sehr wesentlich geringer als das der übrigen Stoffe, welche vermuthlich an der Bildung der Kometenkerne mitwirken; immerhin mufs aber auch bei dieser Annahme der Kometenschweif sich aus Theilchen zusammensetzen, welche aus dem Kerne entspringen, d. h. die Schweifbildung mufs eine Verringerung der Kometenmasse zur Folge haben.

Nun macht in letzter Zeit Dr. Norbert Herz in Wien darauf aufmerksam, dafs sich aufser den eben angedeuteten noch andere Schwierigkeiten der Bredichinschen Hypothese entgegenstellen. Namentlich sei es hiernach unerklärlich, wie die Repulsivkraft der Sonne bei demselben Kometen und derselben Entfernung zu verschiedenen Zeiten sich als verschieden herausstellen könne, wie es beim Halleyschen Kometen sich als unzweifelhaft herausgestellt hat. Bei demselben kam beispielsweise 1835 vor dem 19. Oktober eine Repulsivkraft gleich 10.9 in Betracht, nachher nur eine solche von 0.15. Es mag dies nun so erklärt werden können, dafs vorher nur der Wasserstoff zum Ausströmen gelangte, während später andere Stoffe verdampften; die verschieden hellen und röhrenförmig sich in einander legenden Schweife, welche man gelegentlich beobachtet hat, deuten eine solche Verschiedenartigkeit der Ausströmungen wohl an. Aber mag immerhin dieses Argument, und andere von Herz gegen Bredichin vorgebrachte Zweifel gegen des Letzteren Hypothese nicht völlig stichhaltig sein, so verdient doch jedenfalls die darauf hin etwas näher von Herz entwickelte Ansicht einer elektrostatischen Entstehungsweise der Schweife Beachtung, da dieselbe über die grofse Schwierigkeit der Annahme einer Zusammensetzung der Kometenschweife aus materiellen Theilen hinweghilft.

Herz geht von der Ueberzeugung aus, dafs der Weltraum mit irgend einem Etwas angefüllt sein müsse, aus welchem sich durch die Attraktionswirkung die Atmosphären der Weltkörper zusammensetzen.[1])

[1]) Auch diese Annahme des welterfüllenden Mediums bringt nach Herz eine neue Schwierigkeit in die bisherigen Anschauungen über die Schweifbildung. Wenn nämlich dieses Medium auch gegenüber den massigen Kugeln

Nun wirkt die elektrische Spannung der Sonnenatmosphäre durch Induktion erwiesenermafsen sowohl auf die Atmosphären der Weltkörper, wie auch auf die Kometen, deren leichter veränderliche Gestalt durch diese elektrisch polarisirte Anziehung eine Deformation erfährt; endlich mag durch Vermittelung jenes Mediums diese Spannung einen Ausgleich erfahren; es finden nach der Sonne gerichtete Entladungen statt, die jedoch gleichzeitig solche in der entgegengesetzten Richtung zur Folge haben müssen, welche letzteren nach dieser Ansicht die Kometenschweife bilden. Die vielfach an denselben beobachteten Zuckungen, das Fluktuiren, Strahlenschiefsen etc. wäre durch eine Unregelmäfsigkeit des elektrischen Feldes, durch Induktionswirkungen dritter Körper, durch ungleiche Vertheilung der Dichtigkeit des Mediums in Form von meteorischen Körpern, leicht erklärt, und wenn man es etwa seltsam finden wollte, dafs in den bei weitem meisten Fällen nur die der Sonne abgewandte Gegenentladung so prächtige Erscheinungen aufweist, während die ursächliche, nach der Sonne gerichtete Entladung meistens zu keiner Schweifbildung führt, so mufs man sich erinnern, dafs die auffälligsten Lichterscheinungen bei den Entladungen in Geifslerschen und Crookesschen Röhren immer nur an der einen (negativen) Elektrode stattfinden.

Der Gedanke, dafs die Kometenschweife rein elektrische Phänomene in der Art der Crookesschen Erscheinungen seien, ist zwar nicht völlig neu, aber wir haben es Herrn Dr. Norbert Herz zu danken, dafs derselbe wieder angeregt und weiter ausgebildet ist. Es scheint in der That, dafs nur dieser Weg zur endlichen Ergründung des widerspruchsvollen Wesens dieser wesenlosen Schweiferscheinungen führen wird. M. W. M.



Noch einmal der veränderliche Stern Y Cygni.

Zu unserem Artikel über diesen merkwürdigen Stern auf S. 486 ff. dieses Jahrganges fügen wir noch erweiternd resp. berichtigend hinzu, dafs dieses merkwürdige System nach Dunér im wesentlichen Unterschiede zum Algolsystem nicht aus einer hellen und einer dunkeln

der permanenten Weltkörper als unendlich dünn angesehen werden kann, so gilt doch diese Annahme gegenüber der vorausgesetzten Materie der Kometenschweife nicht mehr, die nicht wesentlich dichter sein wird als der Weltäther selbst. In diesem Falle aber mufs der erstere der Kometenmaterie einen bedeutenden Widerstand entgegensetzen und sie bald in eine konstante Geschwindigkeit zwingen, ganz ebenso wie die in unsere Atmosphäre schlagenden Meteoriten gehemmt werden.

Komponente, sondern aus zwei ganz gleich hellen Sternen bestehen mufs, deren Bahnebene genau in der Richtungslinie zur Sonne liegt, so dafs die Sterne sich während eines einzigen Umlaufs zweimal bedecken und alsdann nur die Hälfte ihres gesamten Lichtes uns zusenden. Der dritte, noch aufserdem vermuthete dunkle Körper spielt nur insofern eine Rolle, als eine Störung jene langsame Bewegung der Apsidenlinie bewirkt, von welcher in dem erwähnten Aufsatze gesprochen wurde. Das eigenthümliche Spiel von beobachteten Lichtschwankungen dieses Sterns gewinnt hierdurch offenbar noch wesentlich an Interesse. M. W. M.



Ein wissenschaftlicher Kongrefs in grofsartigem Umfange, dem die Regierung der Vereinigten Staaten ihre thatkräftige Unterstützung zugesichert hat, wird bei Gelegenheit der Columbia-Weltausstellung 1893 von einer Anzahl hervorragender amerikanischer Gelehrten geplant.

Wir veröffentlichen auf Wunsch von George E. Hale (Kenwood Astro-Pysikal Observatory, Chicago) das vorläufige Programm dieses „World's Congress Auxiliary of the World's Columbian Exposition“, welches die mathematisch-astronomischen Wissenszweige umfafst.

Hiernach wird während der Dauer der Ausstellung die Veranstaltung einer Reihe von Versammlungen beabsichtigt, welche allen mafsgebenden Gelehrten der Welt zum gegenseitigen Ideenaustausch auf allen Wissensgebieten, die im weitesten Sinne den Kulturfortschritt und die Gedankenentwicklung der Menschheit zu fördern berufen sind, Gelegenheit bieten sollen. Da die speziellen Forschungsergebnisse und Forschungsmethoden aus allen Theilen des Erdenrunds auf dem Kongresse zusammengetragen werden und zur Besprechung gelangen, so wird derselbe zweifellos einen ungemein segensreichen Einflufs auf die wissenschaftliche Bethätigung, sowie überhaupt auf die Hebung und Förderung unseres geistigen Lebens ausüben; nicht minder mufs die vielseitige Anregung, welche aus dem persönlichen Austausch der Meinungen bezüglich der Forschungs- und Beobachtungsmethoden erwächst, auf die Schaffenskraft der Theilnehmer in hohem Mafse zurückwirken und mufs in letzter Instanz auch der Wissenschaft zu Gute kommen.

Eine in diesem Sinne sich aussprechende Adresse versendet gegenwärtig der Generalausschufs des Weltkongresses zur Förderung der astronomisch-mathematischen Wissenszweige; er ladet in derselben alle Gesellschaften, Gelehrte und Vereinigungen, welche auf den betreffen-

den Gebieten der Naturwissenschaft thätig sind, zur Theilnahme an dem Kongresse ein.

Mit Rücksicht auf das so ungemein ausgedehnte Material, welches gerade die mathematisch-astronomischen Fächer darbieten, erschien es rathsam, die zur Besprechung gelangenden Themata unter die folgenden Abtheilungen und Abschnitte einzuordnen, bei denen der Astrophysik in Anbetracht ihrer wachsenden Bedeutsamkeit eine besondere Abtheilung unter den übrigen Zweigen der allgemeinen Astronomie eingeräumt worden ist. Die für die Behandlung in Aussicht genommenen Gegenstände sind unter die folgenden Abtheilungen geordnet:

Abtheilung I — Reine Mathematik.
- Abschnitt a. Geschichte und Bibliographie.
- Abschnitt b. Arithmetik und Zahlentheorie.
- Abschnitt c. Analysis.
- Abschnitt d. Geometrie.
- Abschnitt e. Analytische Mechanik.
- Abschnitt f. Mathematische Physik.

Abtheilung II — Astronomie.
- Abschnitt a. Geschichte der Astronomie.
- Abschnitt b. Astronomische Instrumente.
- Abschnitt c. Beobachtungsmethoden.
- Abschnitt d. Physische Astronomie.
- Abschnitt e. Einrichtung astronomischer Observatorien.

Abtheilung III — Astrophysik.
- Abschnitt a. Spektralanalyse.
- Abschnitt b. Himmelsphotographie.
- Abschnitt c. Photometrie des Himmels.

Diese vorläufige Adresse bezweckt zunächst nur den Plan des Weltkongresses zur Kenntnifs der Gelehrtenwelt zu bringen, um sich die Unterstützung und den Rath derselben zu sichern, sowohl in Bezug auf die zweckmäfsige Durchführung der Zusammenkunft, als auch besonders in Bezug auf die hierbei in Betracht kommenden wissenschaftlichen Fragen. Vorschläge hierüber werden Berücksichtigung finden.

Mittheilungen sind zu richten an den Vorsitzenden des Generalausschusses oder auch an die Vorsitzenden der Komitee's für die einzelnen Spezialzweige. Die Vorsitzenden der verschiedenen Abtheilungen sind:

Für reine Mathematik:

Prof. E. H. Moore, Chicago, University, Ill.

Für Astronomie:

Prof. G. W. Hough, Dearborn Observatory, Northwestern University, Evanston, Ill.

Für Astrophysik:

Prof. George E. Hale, Kenwood Astro-Physical Observatory, Chicago, Ill.

George W. Hough, Vorsitzender.

Ellias Colbert, Stellvertretender Vorsitzender.

E. H. Moore, George W. Hale, G. A. Douglass, Malcolm McNeill, R. W. Pike, G. C. Comstok, W. W. Payne.

Komitee des World's Congress Auxiliary für die Versammlung der Mathematiker und Astronomen.



Verzeichnifs der vom 1. Februar bis 1. August 1892 der Redaktion zur Besprechung eingesandten Bücher.

A. Balbi's Allgemeine Erdbeschreibung. 8. Auflage. Vollkommen neu bearbeitet von Dr. Franz Heiderich. 1.—4. Lieferung, A. Hartleben, Wien 1892.

R. S. Ball, The Story of the Heavens. With 18 coloured Plates und numerous Illustrations. London, Cassell & Comp., 1892.

Ch. Deter, Repetitorium der Differential- und Integralrechnung. 2. Auflage, Berlin, M. Rockenstein, 1892.

F. Folie, Annuaire de l'Observatoire royal de Belgique, 1892, 59. Année, Bruxelles, F. Hayez, 1892.

E. Fraas, Scenerie der Alpen. Mit über 120 Abbildungen im Text und einer Uebersichtskarte der Alpen, Leipzig, T. O. Weigel, 1892.

Galileo Galilei, Dialog über die beiden hauptsächlichsten Weltsysteme, das Ptolemäische und das Kopernikanische, übersetzt und erläutert von E. Strauss, Leipzig, B. G. Teubner, 1892

E. Gerland, Geschichte der Physik. Mit 72 in den Text gedruckten Abbildungen, Leipzig, J. J. Weber, 1892.

F. H. Haase, Die atmosphärische Elektrizität, Betrachtungen über deren Entstehung und Wirkungsweise, Berlin, G. Siemens, 1892.

A. Hall, Saturn and its Ring, Appendix II. 1875—1889, Washingtons Observations 1885, Washington, Government Printing Office, 1889.

A. Hall, Solar Photography at the Kenwood Astrophysical Observatory.

W. Harkness, W., The solar parallax and its related constants, inclosing the figure and density of the earth. Washington, Government Printig Office, 1891.

C. Heim, Die Einrichtung elektrischer Beleuchtungsanlagen für Gleichstrombetrieb. Mit über 300 Abbildungen, Leipzig, O. Leiner, 1892.

J. C. Hepites, Analele Institului Meteorologie al Romaniei, Tom V, 1889, Bucuresti, F. Göbl, 1892.

Hildebrand Hildebrandsson, Bulletin mensuel de l'Observatoire météorologique de l'Université d'Upsal. Vol. XXIII. Année 1891, Upsal, E. Bering, 1891—92.

J. Hilfiker, Catalogue d'étoiles lunaires. Neuchâtel, Attinger Frères, 1891.

H. Hoernes. Ueber Ballonbeobachtungen und deren graphische Darstellung mit besonderer Berücksichtigung meteorologischer Verhältnisse. Wien, A. Hartleben, 1892.
J. A. Hoogewerff, Magnetic Observations at the United States Naval Observatory 1888 and 1889. Washington, Government Printing Office, 1890.
H. Jacoby. The Rutherfurd Photographic Measures of the Group of the Plejades. New-York 1892.
A. Lancaster, Le Climat de la Belgique en 1891, Bruxelles, F. Hayez, 1892.
R. Lepsius, Geologie von Deutschland und den angrenzenden Gebieten. Band I, dritte Lieferung. Mit einer Tafel farbiger Profile und zahlreichen Profilen im Texte, Stuttgart, J. Engelhorn, 1892.
O. Lohse, Beobachtungen des Planeten Mars, Publikationen des Astrophysikalischen Observatoriums zu Potsdam, No. 28, 1891.
C. C. Marsch, A report upon some of the magnetic Observatories of Europe, Washington 1891.
A. Marth, Ephemeris for physical Observations of Jupiter, 1892.
A. Marth, Meteorological Observations and Results of the United States Naval Observatory 1883—87, Washington, Government Printing Office, 1891.
The Photochronograph applied to Determinations of Latitude, Washington, Stromont & Jackson, 1892.
G. Pizzighelli, Anleitung zur Photographie, 4. Auflage. Halle a. S., W. Knappe, 1892.
H. Poincaré, Les Méthodes nouvelles de la Mécanique céleste. Tome I, Paris, Gauthier-Villars et Fils, 1892.
F. Porro, Azimut Assoluto del Segnale Trigonometrico Di Monte Vesco Sull' Orizzonte Di Torino determinato negli anni 1890 e 1891, Torino, V. Bona, 1892.
W. Schur, Astronomische Mittheilungen der Kgl. Sternwarte zu Göttingen: Göttinger Sternkatalog für 1860 und Beobachtungen von W. Klinkerfues. Göttingen 1891.
Smithsonian Institution, Report of the U. S. National Museum. Washington, Government Printing, 1891.
R. von Sterneck, Die Schwerkraft in den Alpen und Bestimmung ihres Werthes für Wien. Wien, J. Vernay, 1892.
H. Timm, Wie gestaltet sich das Wetter? Mit 74 Abbildungen. Wien, A. Hartleben, 1892.
F. Umlauft, Kleiner Handatlas über alle Theile der Erde. 60 Kartenseiten mit erklärendem Text. Wien, A. Hartleben.
E. Vogel, Praktisches Taschenbuch der Photographie. 2. vermehrte und verbesserte Auflage. Berlin, R. Oppenheim, 1892.
J. Wallentin, Einleitung in das Studium der modernen Elektrizitätslehre. Mit 253 in den Text gedruckten Holzschnitten. Stuttgart, F. Encke, 1892.
M. Wildermann, Jahrbuch der Naturwissenschaften 1891—1892. Mit 95 in den Text gedruckten Holzschnitten und zwei Kärtchen. Freiburg im Breisgau, B. Herder, 1892.
W. Wundt, Vorlesungen über die Menschen- und Thierseele. Zweite umgearbeitete Auflage. Hamburg und Leipzig, T. O. Weigel, 1892.
Zacharias, Der Darwinismus. Mit dem Porträt Darwins, 30 in den Text gedruckten Abbildungen und einer Tafel. Leipzig, J. J. Weber, 1892.

Verlag von Hermann Paetel in Berlin. — Druck von Wilhelm Gronau's Buchdruckerei in Berlin
Für die Redaction verantwortlich: Dr. M. Wilhelm Meyer in Berlin.



